



The World's **Sixth Sense**®

OPTIKAI GÁZKÉPALKOTÁS

DETEKTOROK

Egy optikai gázkép alkotó kamera egy infravörös vagy egy hőkamera nagymértékben specializált változatának tekinthető. Van egy objektív, egy detektor, néhány elektronika a detektorból érkező jelek feldolgozására, és egy kereső vagy képernyő a felhasználó számára, hogy láthassa a kamera által készített képet. Az OGI kamerákhoz használt detektorok kvantum detektorok, amik kriogén hőmérsékletekre (70K vagy -203°C-ra) hűtést igényelnek. A közepes hullámhossz tartományú kamerák, amelyek észlelik az olyan gázokat, mint a metán, szokásosan 3-5 μm tartományban működnek és egy indium antimonid (InSb) detektort használnak. A nagy hullámhossz tartományú kamerák, amelyek olyan gázokat érzékelnek, mint a kén-hexafluorid általában 8-12 μm tartományban működnek és kvantum gödör infravörös fotodetektort (QWIP) használnak.

Amikor a kvantum detektorokhoz használt anyagok szobahőmérsékletűek, az elektronjaik különböző energia szinteken vannak. Néhány elektronnak elegendő hőenergiája van ahhoz, hogy a vezető sávba kerüljön, ami azt jelenti, hogy az elektronok szabadon mozognak és az anyag vezetheti az elektromosáramot. Az elektronok többsége, azonban a valenciasávban (vegyértéksávban) van, ahol nem vezetnek semmilyen áramot, mert nem mozoghatnak szabadon.

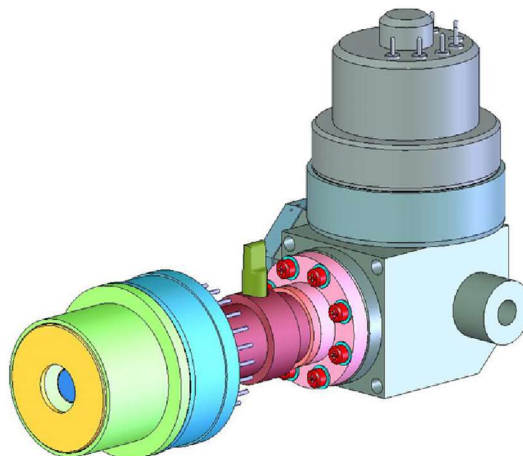
Amikor az anyagot elég kicsi hőmérsékletre hűtik, ami a kiválasztott anyagtól függően változik, az elektronok hőenergiája annyira kicsi lehet, hogy nem képesek elérni a vezetési sávot. Ezért az anyag nem képes semmilyen áramot vezetni. Amikor ezekhez az anyagokhoz fotonok ütköznek, és a fotonok elegendő energiával rendelkeznek, az energia stimulálja az elektronokat a valenciasávban, ami a vezetési sávba ugrásukat okozza. Ekkor az anyag (a detektor) hordozhat egy fotonáramot, ami arányos a beeső sugárzással.

Az ütköző fotonoknak van egy nagyon pontos energia küszöbértéke, ami lehetővé teszi, hogy egy elektron a valenciasávból a vezetési sávba ugorjon. Ez az energia egy bizonyos hullámhosszhoz tartozik: a levágási hullámhosszhoz. Mivel a foton energiája fordítottan arányos a hullámhosszával, az energiák nagyobbak a rövid hullámhossz/ közepes hullámhossz sávban, mint a nagy hullámhosszúságú sávban. Ezért, szabályszerűen, a nagy hullámhosszúságú detektorok működési hőmérsékletei kisebbek,

mint a rövid hullámhosszúságú /közepes hullámhosszúságú detektoroké. Egy InSb közepes hullámhosszúságú detektor esetén, a szükséges hőmérséklet kisebb kell legyen 173 K-nél (-100°C-nál), de működhet sokkal kisebb hőmérsékleten is. Míg egy QWIP nagy hullámhosszúságú detektornak tipikusan 70 K (-203°C) vagy kisebb hőmérsékleten kell működni. Az ütköző foton hullámhossza és energiája elegendő kell legyen a sávhézag energia, ΔE legyőzéséhez.

HŰTÉSI MÓDSZER

A detektorokat a legtöbb OGI kamerában Stirling hűtőkkel hűtik. A Stirling folyamat elvezeti a hőt a hűtő ujjból (1. ábra) és eloszlatja a melegoldalon. Az ilyen típusú hűtők hatékonysága viszonylag kicsi, de elég jók egy IR kamera detektor hűtéséhez.



1. ábra. Integrált, hélium gázzal működő Stirling hűtő, a detektort mínusz 196°C-ra, vagy néha az alá hűtheti

KÉP NORMALIZÁLÁS

Egy másik komplex probléma az, hogy minden egyes egyedi detektor a fókuszíró tömbben (FPA) kissé eltérő erősítésű és zero eltolású. Egy használható hőkép létrehozásához, a különböző erősítéseket és eltolásokat korrigálni kell egy normalizált értékre. Ezt a többlépéses kalibrációs folyamatot a kamera szoftvere végzi. A végső lépés a folyamatban a Nem-egyenletességi korrekció (NUC). A mérő kameránál, ezt a kalibrációt automatikusan elvégzi a kamera. Az OGI kamerában, a kalibráció egy manuális folyamat. Ennek oka, hogy a

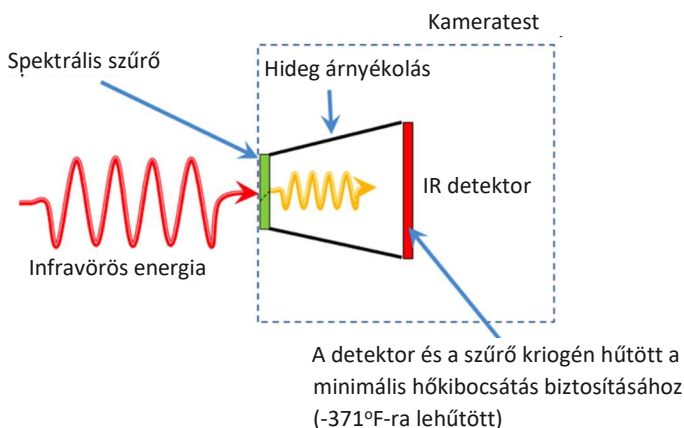
kamera nem rendelkezik belső zárral, hogy egyenletes hőmérséklet forrást biztosítson a detektornak.

A végső eredmény a hőkép, ami a relatív hőmérsékletek pontos ábrázolása a cél objektum vagy jelenet mentén. Nem végez

A gázvegyületek legtöbbjénél, az infravörös abszorpciós jellemzők hullámhossztól függenek. A 3A és 3B ábrán, az abszorpciós csúcs látható propánhoz és metánhoz az átbocsátóképesség vonalak jelentős esésével bemutatva a grafikonokon. A sárga régiók egy OGI kamerában használt

SPEKTRÁLIS ADAPTÁCIÓ

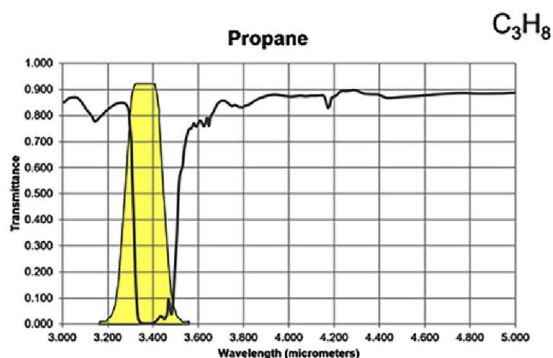
Az OGI kamera egyedi spektrális szűrőmódszert használ, ami lehetővé teszi egy gázvegyület észlelését. A szűrő a detektor előtt van elhelyezve és vele együtt hűtve, hogy megakadályozza a szűrő és az érzékelő közötti sugárzást. A szűrő egy nagyon keskeny sávra, az úgynevezett áteresztő sávra korlátozza a detektorra áthaladó sugárzás hullámhosszait. Ezt a technikát spektrális adaptációnak nevezik.



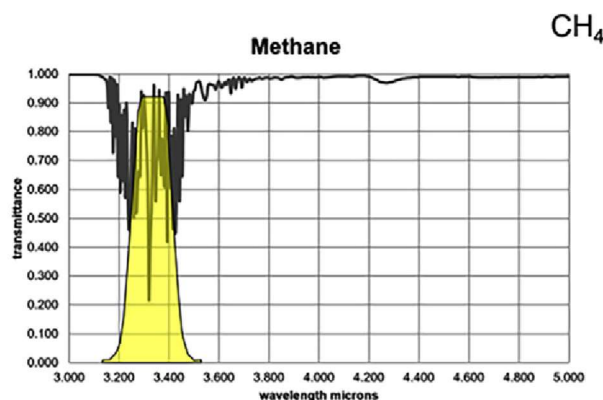
2. ábra. Egy optikai gáz képalkotó mag belső kialakítása

GÁZ INFRAVÖRÖS ABSZORPCIÓS SPEKTRUM

minta spektrális szűrőt reprezentálnak, amit ahhoz a hullámhossz



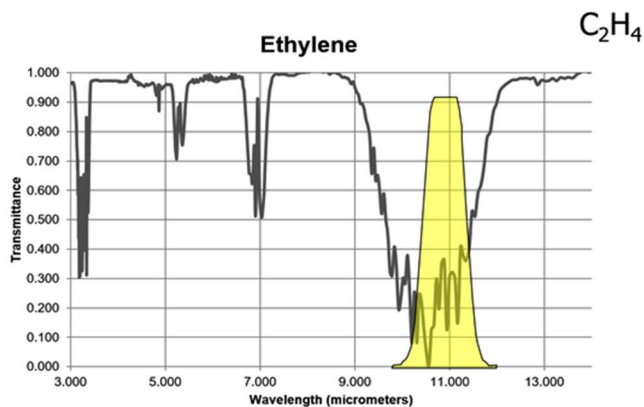
kompenzációt a sugárzó képességhez vagy a cél objektumról a kamerába más tárgyakról visszatükröződő sugárzás (visszavert jelenlévő hőmérséklet) miatt. A kép a hősugárzó forrás sugárzásintenzitásának valós képe.



3B ábra. A metán infravörös abszorpciós jellemzői

A legtöbb szénhidrogén 3,3 μm közelében nyel el energiát, így a 3-as ábrán lévő mintaszűrő gázok széles körének észlelésére használható. A választényezők (RF) több, mint 400 további vegyülethez elérhetők a következő oldalon: <http://rfcalc.providencephotonics.com>.

Az etilénnek két erős abszorpciós sávja van, de egy nagy hullámhosszúságú érzékelő nagyobb érzékenységgel észleli ezt a gázt, mint egy közepes hullámhosszúságú érzékelő az alábbi átbocsátóképességi görbe alapján.



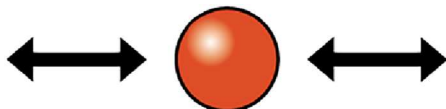
tartományhoz alakítottak ki, ahol a legtöbb háttér infravörös energiát nyelne el az adott gáz.

3A ábra. A propán infravörös abszorpciós jellemzői

MIÉRT NYEL EL SOK GÁZ INFRAVÖRÖS SUGÁRZÁST?

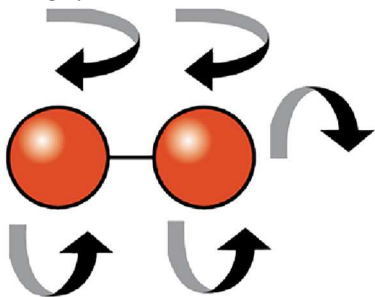
Mechanikus szempontból, a gázmolekulák egy gázban tömegekhez hasonlíthatók (az alábbi 5. ábrán lévő golyókhoz), amiket rugók kapcsolnak egymáshoz. Az atomok számától, azok megfelelő méretétől és tömegétől és a rugók rugalmassági állandójától függően, a molekulák az adott irányokban mozognak, rezegnek a tengelyek mentén, forognak, elcsavarodnak, megnyúlnak, rezegnek, bólogatnak stb.

A legegyszerűbb gázmolekulák az egyedi atomok, mint például a hélium (He), neon (Ne) vagy kripton (Kr). Ezeknek nincs módjuk rezgésre vagy forgásra, így ezek egy időben csak egy irányban mozoghatnak.



5. ábra. Egyedi atom

A molekulák következő komplexebb kategóriája az azonos atomokból álló, kétatomos molekulák, mint például a hidrogén (H_2), nitrogén (N_2) és az oxigén (O_2). Ezek a helyváltoztató mozgás mellett képesek elfordulni a tengelyek mentén.

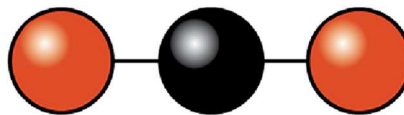


6. ábra. Kétatomos

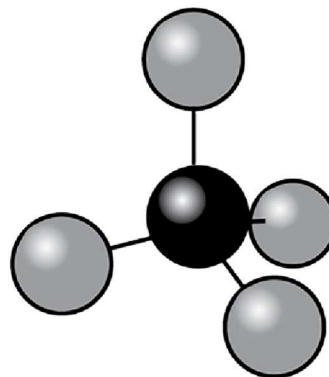
4. ábra. Az etilén infravörös abszorpciós jellemzői

Egy olyan szűrő kiválasztásával, ami a kamera működését csak arra a hullámhosszra korlátozza, ahol a gáznak nagyon nagy abszorpciós csúcsa (vagy átbocsátási völgye) van, növeli a gáz láthatóságát. A gáz hatékonyan 'blokkolja' a háttérből, a gázfelhő mögül érkező több sugárzást.

Ezután vannak a komplex, két különböző atomból álló molekulák, mint például a szén-dioxid (CO_2), a metán (CH_4), a kén-hexafluorid (SF_6) vagy a sztírol ($C_6H_5CH=CH_2$) (ez csak egy néhány példa).

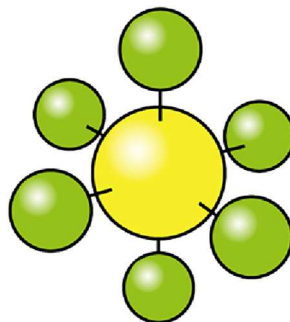


7. ábra. Szén-dioxid – 3 atom molekulánként

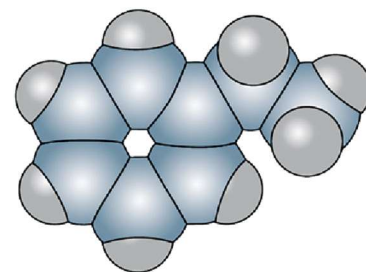


8. ábra Metán – 5 atom molekulánként

Ez a feltételezés érvényes a többatomos molekulákra is.



9. ábra. Kén-hexafluorid
6 – 7 atom molekulánként



10. ábra. Sztírol – 16 atom
molekulánként

A megnövelt mechanikus szabadságfokok többszörös forgási és vibrációs átmeneteket enged meg. Mivel több atomból épülnek fel, a hőt hatékonyabban nyelhetik el és bocsáthatják ki, mint az egyszerű molekulák. Az átmeneti frekvenciáktól függően, néhány közülük olyan energia tartományokba esik, amelyek az infravörös kamera infravörös érzékenységi tartományába esnek.

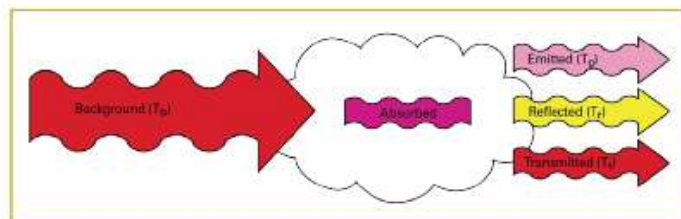
ÁTMENETI TÍPUS	FREKVENCIA	SPEKTRÁLIS TARTOMÁNY
Nehéz molekulák forgása	$10^9 - 10^{11}$ Hz	Mikrohullám, 3 mm fölött
Könnyű molekulák forgása és nehéz molekulák vibrációja	$10^{11} - 10^{13}$ Hz	Távoli infravörös, 30 μ m és 3 mm között
Könnyű molekulák vibrációja. A struktúra forgása és vibrációja	$10^{13} - 10^{14}$ Hz	Infravörös, 3 μ m és 30 μ m között

Ahhoz, hogy egy molekula elnyeljen egy (infravörös energiájú) fotont az egyik állapotból a másikba átmenve, a molekulának dipólus momentum képessége kell legyen röviden rezegve a beérkező fotonnal megegyező frekvencián. Ez a kvantummechanikai kölcsönhatás lehetővé teszi a foton elektromágneses mezőjének energiáját "átadni" a molekulának, vagy elnyelni a molekula által.

Az OGI kamerák kihasználják bizonyos molekulák elnyelési természetét a megjelenítésükre az eredeti környezetükben. A kamera FPA-k és optikai rendszerek kifejezetten a nagyon keskeny spektrális tartományokra behangoltak, század nanométereken belül, és ezért ultraszelektívek. Csak a keskeny sávszűrő által lehatárolt infravörös elnyelési tartományba eső gázok észlelhetők (3, 4. ábra).

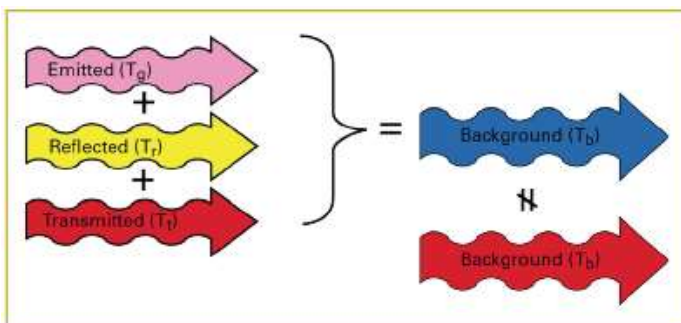
A GÁZÁRAMLÁS LÁTHATÓVÁ TÉTELE

Ha a kamera egy gázszivárgás nélküli jelenetre irányul, a látómezőben lévő objektumok infravörös sugárzást bocsátanak ki és vernek vissza a kamera objektívén és szűrőjén keresztül. A szűrő csak egy bizonyos hullámhosszúságú sugárzást enged keresztül a detektorra és ebből a kamera kompenzálatlan képet hoz létre a sugárzás intenzitásáról. Ha egy gázfelhő van az objektumok és a kamera között és a gáz sugárzást nyel el a szűrő sáváteresztési tartományában, a felhő csökkenti az áthaladó és a detektorra jutó sugárzást (11. ábra).



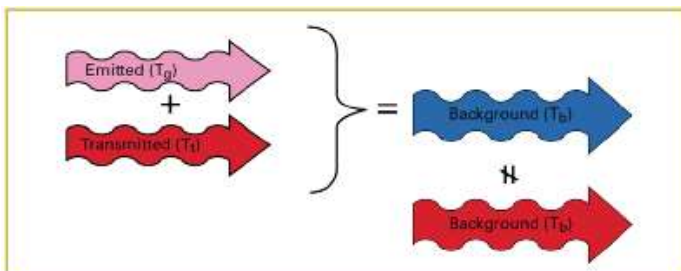
11. ábra A gázfelhő hatása

Ahhoz, hogy a felhő látható legyen a háttérhez viszonyítva, sugárzás különbség kell legyen a felhő és a háttér között. Vagyis a felhő elhagyó sugárzás mértéke nem lehet az abba belépő sugárzás mennyiségével (12. ábra). Ha a kék nyíl a 12. ábrán a vörös nyíllal megegyező méretű, a felhő láthatatlan lesz.



12. ábra. A felhő sugárzási kontrasztja

A valóságban, a felhőben lévő molekulák által visszavert sugárzás mértéke nagyon kicsi és elhanyagolható. Így a felhő láthatósága a felhő és a háttér közötti hőmérsékletkülönbségben nyilvánul meg (13. ábra).



14. ábra A látható hőmérséklet különbsége

ALAPVETŐ KONCEPCIÓK A GÁZFELHŐK LÁTHATÓVÁ TÉTELÉHEZ:

- A gázfelhő sugárzása el kell térjen a háttérétől
 - A felhő látható hőmérséklete el kell térjen a háttérétől
 - A mozgás megkönnyíti a felhő láthatóságát
- Az OGI berendezés kalibrálásának biztosítása hőmérsékletméréshez kritikus értéket nyújt a Delta T-hez (látható hőmérséklet különbség a gáz és a háttér között).



The World's **Sixth Sense**®

A világ hatodik érzéke

FLIR Systems, Inc.
9 Townsend West
Nashua, NH 03063
USA
Tel: +1 866.477.3687

PORTLAND
Corporate Headquarters
FLIR Systems, Inc.
27700 SW Parkway Ave.
Wilsonville, OR 97070
USA
Tel: +1 866.477.3687

CANADA
FLIR Systems, Ltd.
920 Sheldon Court
Burlington, ON L7L 5K6
Canada
Tel: +1 800.613.0507

LATIN AMERICA
FLIR Systems Brasil
Av. Antonio Bardella, 320
Sorocaba, SP 18085-852
Brazilia
Tel: +55 15 3238 7080

www.flir.com/OGI
NASDAQ: FLIR