

## Czujki PIR (Pasywne czujki podczerwieni)

Czujki ruchu PIR zwane pasywnymi czujkami podczerwieni (ang. Passive infrared detectors), stanowią podstawowy element wewnętrznej ochrony systemu sygnalizacji włamania i napadu (SSWiN). Pasywne czujki podczerwieni działają na zasadzie wrywania zmiany promieniowania cieplnego z zakresu podczerwieni za pomocą czujnika piroelektrycznego, którego sygnał elektryczny jest analizowany przez specjalny układ elektroniczny czujki. Ze względu na fakt, iż tego typu czujki nie są w stanie działać bez potrzeby generowania własnej energii, nazywamy je pasywnymi. Urządzenie tego typu nie emituje własnej energii tylko wykrywa wszelkie zmiany promieniowania podczerwonego w ich polu widzenia.

Każdy obiekt o temperaturze własnej większej od zerwa bezwzględnego jest źródłem promieniowania termicznego. Zależność między temperaturą ciała, a długością emitowanej fali promieniowania określana jest przez prawo Wiena:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T},$$

gdzie:

$\lambda_{max}$  - długość fali o maksymalnej mocy promieniowania mierzona w metrach.

T - temperatura ciała doskonale czarnego mierzona w Kelwinach [K],

b = 2,8977685 x 10<sup>-3</sup> ± 5,1 x 10<sup>-9</sup>m • K – stała Wiena.

Promieniowanie podczerwone jest emitowane przez każde ciało o temperaturze niższej niż 500 stopni Celsjusza. Promieniowanie podczerwone jest niewidzialne dla oka, w temperaturach powyżej 500 stopni Celsjusza występuje promieniowanie widzialne. Analizując obiekty pod kątem wykrywania ich promieniowania przez pasywne czujki podczerwieni, najistotniejszy jest zakres średniej i dalekiej podczerwieni. Ponadto, biorąc pod uwagę fakt, że w większości przypadków obiekty pozostają w ruchu lub znajdują się w powietrzu zakres promieniowania zawęża się do tak zwanego „okna atmosferycznego”. W przypadku tego zakresu promieniowanie podczerwone o długościach fal z zakresu od 3 do 5mm oraz od 8 do 12mm jest mało tłumione, co pozwala na skuteczne wykrywanie fal o długości 10mm, które są emitowane przez każde ciało o temperaturze 35 stopni Celsjusza (ludzie, zwierzęta).

W przypadku czujników PIR najbardziej interesują nas ludzie, a więc obiekty emitujące promieniowanie podczerwone o długości fali na poziomie 10mm. Moc promieniowania emitowanego przez ludzkie ciało jest stosunkowo niewielka do mocy promieniowania tła. Niewielka różnica sprawia, że wykrycie zmiany poziomu promieniowania wynikającego z ruchu człowieka w całej przestrzeni objętej zasięgiem czujki jest stosunkowo trudne. Rozwiązaniem tego problemu są zaawansowane układy optyczne, które pozwalają na odpowiednie uformowanie pola widzenia czujki PIR. Obecnie w czujkach PIR do formowania wiązek w kilku płaszczyznach najczęściej wykorzystuje się soczewki Fresnela. Innym sposobem formowania wiązek jest ich kształtowanie za pomocą optyki zwierciadlanej do postaci kurtyń pionowych lub poziomych. Każde wejście lub wyjście obiektu z wiązki lub kurtyny jest wykrywane przez sensor, który rejestruje zmianę widma promieniowania podczerwonego. Następnie zmiana widma promieniowania IR jest analizowana przez czujkę. W przypadku gdy zmiana jest odpowiednio duża stanowi kryterium alarmowe. Warto także wspomnieć, iż gwałtowna zmiana temperatury może wygenerować fałszywy alarm (zbyt powolne, stopniowe zmiany temp. nie powodują reakcji czujki). W celu rozwiązania tych problemów w czujkach PIR stosuje się różnicowe czujniki piroelektryczne, które zwiększają odporność urządzenia na zmiany temperatury otoczenia i ruchy ciepłego powietrza.

### Element piroelektryczny w pasywnych czujkach podczerwieni

Głównym elementem budowy każdej pasywnej czujki podczerwieni jest tak zwany sensor piroelektryczny. W zależności od stopnia jakości czujki PIR może ona posiadać nawet kilka sensorów. Standardowe czujki alarmowe PIR zawierają dwa elementy światłoczułe. Modele bardziej zaawansowane wyposażane są nawet w cztery elementy światłoczułe, które wytwarzają się ze specjalnego kryształu wykazującego efekt piroelektryczny.

Efekt piroelektryczny jest zjawiskiem powstawania ładunków elektrycznych na powierzchni kryształów dielektrycznych pod wpływem zmiany ich temperatury. Efekt piroelektryczny występuje tylko w kryształach nie posiadających środka symetrii i z co najwyżej jedną zwykłą osią symetrii.

Sensor piroelektryczny reaguje jedynie na zmiany temperatury. Charakterystyka spektralna sensora piroelektrycznego nie jest w praktycznie zależna od długości fali (zakres od nadfioletu do dalekiej podczerwieni). W przypadku systemów sygnalizacji włamania i napadu nie jest istotne obrazowanie przestrzenne rozkładu temperatury. Istotnym czynnikiem jest jedynie wykrycie zmian zachodzących w tym rozkładzie. Pojawienie się intruza w polu widzenia czujki powoduje zmianę pierwotnej temperatury. Zmiana ta może być wywołana na przykład detekcją ciepłą fragmentu ciała intruza na tle ściany, która cechuje się znacznie niższą temperaturą. Niestety podobne zaburzenia w rozkładzie temperatury mogą być wywołane innymi czynnikami, takimi jak przeciągi i nasłonecznienie obiektu.

W celu zagwarantowania wysokiej efektywności detekcji należy skutecznie wyeliminować wszystkie zmiany rozkładu temperatur, które wywołane są przez czynniki naturalne. Zazwyczaj eliminacja tych czynników polega na podzieleniu sfery pola widzenia detektora na kilka lub kilkadziesiąt fragmentów, co oznacza, że detektor będzie reagował na zmiany rozkładu temp. jedynie w bardzo małych wycinkach obserwowanej sfery. Podział sfer pola widzenia detektora najczęściej jest realizowany przez ustawianie na osi optycznej specjalnej przesłony ze szczelinami wydzielającymi mniejsze pole widzenia elementu piroelektrycznego. Dzięki takiemu rozwiązaniu poruszający się intruz będzie pojawiał się kolejno w widzianych przez czujnik strefach, co spowoduje detekcję większej ilości promieniowania podczerwonego i powrót detektora do stanu wyjściowego w momencie, gdy intruz znajdzie się za przesłoną. Detektor będzie się zachowywał podobnie jak źródło napięcia o sygnale przemiennym, w którym odpowiedni układ elektroniczny będzie kolejno zliczał maksima sygnału. Dla określonego progu zliczeń czujka wygeneruje alarm.

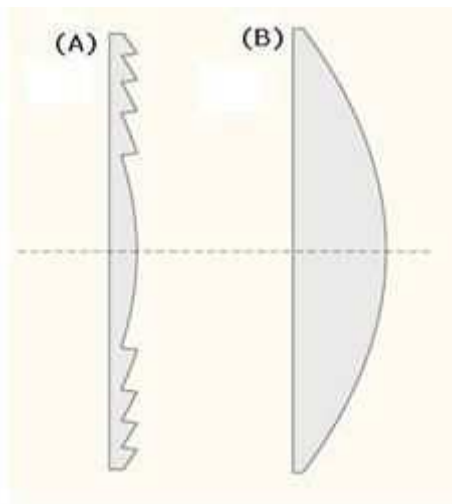
Największym problemem w pracy pasywnych czujek podczerwieni jest detekcja fałszywych alarmów. W celu ograniczenia tego zjawiska stosuje się specjalne filtry, które odcinają niepotrzebne promieniowanie widzialne. Filtry odcinające niepotrzebne promieniowanie najczęściej są płytkami germanowymi, które montuje się w obudowie elementu piroelektrycznego. Dzięki zastosowaniu filtrów światła białego eliminuje się zakłócenia powodowane np. włączeniem i wyłączeniem oświetlenia. Niestety to rozwiązanie nie jest bez wad. Zastosowanie takiego filtru wiąże się z wytłumieniem nawet do 20% energii promieniowania docierającego do płytki sensora piroelektrycznego. Dodatkowo należy również pamiętać, że obok efektu piroelektrycznego występuje efekt piezoelektryczny, który sprawia, że pasywne czujki podczerwieni są wrażliwe na wstrząsy i wibracje.

Czujki ruchu PIR pracują najbardziej efektywnie, w momencie gdy ruch człowieka przecina pod kątem prostym strefę wykrywania. Innymi słowy mówiąc pasywna czujka podczerwieni zapewni skuteczną detekcję w momencie gdy ruch obiektu odbywa się prostopadle do osi optycznej czujki. Ta maksymalna czułość czujki w przypadku ruchu prostopadłego do jej osi optycznej jest spowodowana tym, że podczas przekraczania granicy wiązki sygnał elektryczny z elementu detekcyjnego zmienia znak. Czułość czujki pasywnej podczerwieni w przypadku ruchu poosiowego jest znikoma. Jednakże, dzięki najnowszym soczewką Fresnela, niektóre czujki PIR posiadają nawet po kilkadziesiąt wiązek obserwacji, co sprawia, że jakiegokolwiek ruch odbywający się w obrębie czujki musi spowodować przecięcie wiązki, które doprowadzi do wywołania alarmu.

## Czujki PIR (Pasywne czujki podczerwieni)

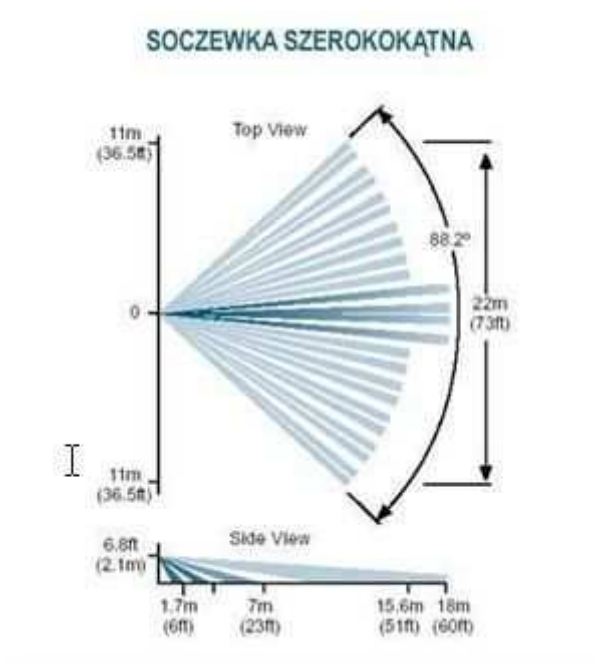
### Układy optyczne pasywnych czujek podczerwieni

Pasywne czujki podczerwieni wyposażane są w specjalne układy optyczne, których zadaniem jest koncentracja promieniowania podczerwonego na elemencie piroelektrycznym. Wyróżniamy dwa podstawowe układy optyczne: oparte na technice lustrzanej lub na soczewkach Fresnela.



Rys. 1. (A) soczewka Fresnela, (B) tradycyjna soczewka o takiej samej ogniskowej

Analizując obydwa układy pod względem zdolności do wykrywania intruza można stwierdzić, że są one równorzędne i każde z nich posiada pewne zalety i wady. Producenci dążą do uzyskania układów optycznych, których konstrukcja pozwalałaby na uzyskanie na płycie obrazu w postaci punktu. Oczywiście w praktyce stworzenie układu optycznego o takiej właściwości nie jest możliwe. Na dzień dzisiejszym wystarczającym rozwiązaniem jest zmniejszenie wiązki promieniowania do wymiarów płytki detektora ok. 1 mm<sup>2</sup>.



Rys. 2. Soczewka szerokokątna

Najczęściej możemy się spotkać z pasywnymi czujkami podczerwieni zbudowanymi na bazie soczewek szerokokątnych, które pozwalają na uzyskanie kąta pola widzenia w zakresie od 90 do 130 stopni. Zasięg takich czujek PIR mieści się w zakresie od 12 do 15 metrów.

Stosując pasywne czujki podczerwieni należy pamiętać, że dla promieniowania podczerwonego takie elementy jak ściany, meble, zasłony oraz szkło nie są przezroczyste, co sprawia, że w przypadku pomieszczeń o nieregularnych kształtach i niekonwencjonalnym wyposażeniu mogą się tworzyć strefy martwe. W przypadku takich pomieszczeń niezwykle przydatne są czujki ruchu z innymi soczewkami:

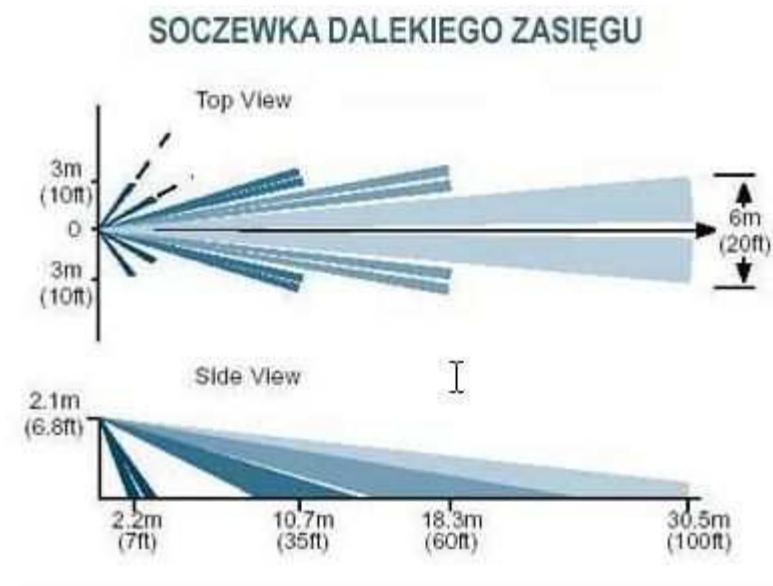
## Czujki PIR (Pasywne czujki podczerwieni)

- **Kurtynowe** – tworzą wąską kurtynę pionową lub poziomą, zasięg zazwyczaj w zakresie od 15 do 18 metrów



Rys. 3. Soczewka kurtynowa (pionowa)

- **Korytarzowe (dalekiego zasięgu)** – posiadają wąski kąt widzenia (2-3 wiązki), cechują się dużym zasięgiem najczęściej w zakresie od 20 do 50 metrów



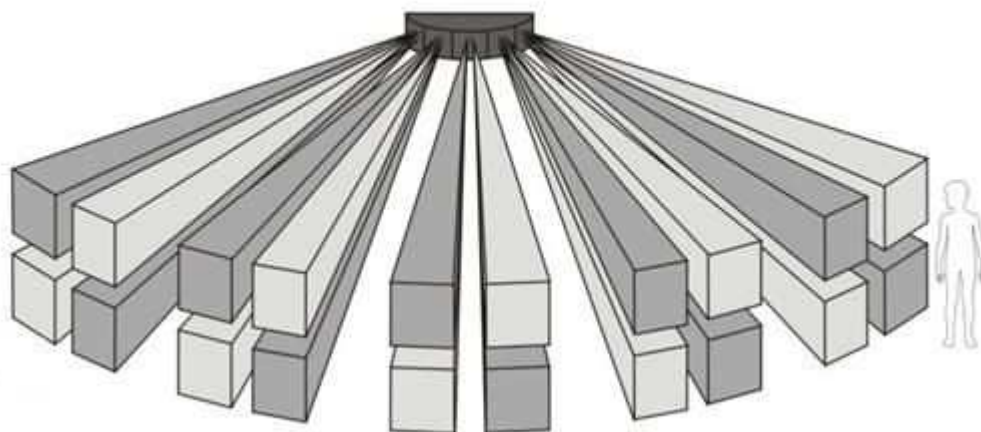
Rys. 4. Soczewka korytarzowa (dalekiego zasięgu)

- **Sufitowe (dookolne)** – cechują się bardzo szerokim kątem widzenia na poziomie 360 stopni, konstrukcja tego typu soczewek opiera się na 9 – 18 kurtynach rozmieszczonych dookoła.

### Pasywne czujki podczerwieni typu QUAD

Warto również wspomnieć o pasywnych czujkach podczerwieni typu QUAD. Zadaniem każdej czujki ruchu PIR wchodzącej w skład systemu sygnalizacji włamania i napadu jest wykrycie tylko i wyłącznie ruchu intruza, bez reakcji na zjawiska poboczne, nie związane z przemieszczaniem się intruza. W praktyce okazuje się, że nie jest to wcale taka prosta sprawa, ponieważ zarówno człowiek, zwierzę, przeciąg w pomieszczeniu czy też zachodzące słońce, powodują bardzo podobne zjawiska piroelektryczne. Stosowanie tylko jednego elementu piroelektrycznego mija się z celem, ponieważ nie pozwala na odróżnienie zdarzeń o charakterze alarmowym od fałszywych alarmów, powodowanych jednym z wyżej wymienionych czynników. Jednym ze sposobów na zmniejszającą czułość czujek na fałszywe alarmy okazało się stworzenie sensora, w którym zastosowano dwa elementy piroelektryczne położone w poziomie obok siebie. Tak skonstruowany sensor posiada dwa razy więcej stref detekcji, niż sensor z jednym elementem piroelektrycznym. Eliminacja fałszywych alarmów polega na logicznym sumowaniu sygnału z obu elementów. Elementy są połączone w taki sposób, że zmiana ich polaryzacji, na skutek detekcji promieniowania, jest zawsze przeciwna w stosunku do drugiego. Oczywiście to rozwiązanie nie jest doskonałe. Dzięki rozwojowi technologii coraz częściej stosuje się inne rozwiązanie. Skoro w jednym czujniku można było zastosować dwa elementy piroelektryczne to dlaczego nie zastosować więcej. W skutek tego myślenia opracowano innowacyjną technologię QUAD, która pozwoliła na zastosowanie aż czterech elementów piroelektrycznych.

### Czujka PIR z technologią QUAD



Rys. 5. Pasywna czujka podczerwieni z technologią QUAD

Pasywne czujki podczerwieni korzystające z technologii QUAD posiadają cztery elementy piroelektryczne. Elementy te są różnie układane. Standardowo układane są jeden obok drugiego, co pozwala na uzyskanie czterech stref detekcji za pomocą jednej soczewki Fresnela lub jednego lustra. Innym, obecnie zdecydowanie częściej stosowanym ułożeniem elementów piroelektrycznych, jest ich ułożenie w dwóch rzędach po dwa elementy (tego typu ułożenie przedstawiono na Rys. 5). Dzięki takiemu ułożeniu piroelementów strefy detekcji zgrupowane są w grupy po cztery wiązki. Patrząc na powyższy schemat można stwierdzić, że czujki QUAD posiadają dwa detektory z podwójnymi elementami piroelektrycznymi. W pasywnych czujkach podczerwieni z technologią QUAD sygnał elektryczny z każdej pary piroelektryków jest przetwarzany osobno w układzie analogowo-cyfrowym (A/C).

### Montaż pasywnych czujek podczerwieni (PIR)

W celu zapewnienia prawidłowej pracy pasywnych czujek podczerwieni, należy kierować się kilkoma podstawowymi (lecz niezwykle istotnymi) zasadami:

- Ze względu na konwekcje pasywna czujka podczerwieni nie powinna być montowana bezpośrednio nad źródłem ciepła>
- Czujnik PIR nie powinien znajdować się w miejscu, w którym jest narażony na bezpośrednie promieniowanie słoneczne (światło słoneczne zawiera bardzo dużo promieni z zakresu podczerwieni, co w przypadku nagłego zasłonięcia przez chmurę może spowodować wyzwolenie fałszywego alarmu)
- Nie należy stosować czujek kurtynowych do ochrony nieszczelnych okien (ruch powietrza w okolicy nieszczelnego okna może być przyczyną fałszywego alarmu)
- Wszystkie przedmioty ruchome powinny znajdować się w odległości nie mniejszej niż 3 metry od czujnika (ruch takich elementów powoduje zmiany w płaszczyźnie odbicia promieniowania podczerwonego, co jest przyczyną fałszywych alarmów)
- Żaden z sektorów detekcji pasywnej czujki podczerwieni nie powinien obejmować miejsc, w których panują znaczne zmiany w rozkładzie temperatury
- Czujka powinna być zamontowana stabilnie, gdyż wibracje i wstrząsy wpływają negatywnie na jej pracę i są przyczyną fałszywych alarmów

Jeżeli podczas montażu czujki PIR jedno z wyżej wymienionych wymagań nie jest spełnione, należy zastosować pasywne czujki podczerwieni wyższej klasy lub czujki dualne PIR+MW lub PIR+US.

Zdecydowanie najistotniejszą zasadą instalacji czujki PIR jest prawidłowy dobór miejsca montażu. Instalując pasywną czujkę podczerwieni przede wszystkim należy unikać miejsc, w których praca sensora piroelektrycznego może zostać zakłócona przez jeden z następujących czynników:

- Padające na czujkę promieniowanie słoneczne (bezpośrednio lub odbite)
- Szybkie lub silne zmiany temperatury
- Silne ruchu powietrza
- Zbyt wysokie lub niskie dźwięki
- Silne promieniowanie elektromagnetyczne
- Zakłócenia radiowe
- Wylądowania elektryczne (pioruny)
- Wstrząsy i wibracje
- Duże zwierzęta
- Bezpośrednie oddziaływanie pary wodnej i par oleju.

## Czujki PIR (Pasywne czujki podczerwieni)

---

Warto również pamiętać o nadal mało znanym efekcie klaustrofobicznym czujek PIR. Montaż czujki podczerwieni w pomieszczeniu, którego wymiary są znacznie mniejsze od nominalnego zasięgu czujnika może spowodować wyraźne zaburzenia w jego normalnym funkcjonowaniu. Jednym z negatywnych efektów takiej sytuacji jest częste występowanie fałszywych alarmów. Biorąc pod uwagę ten fakt, należy pamiętać, aby nie stosować czujników PIR w pomieszczeniach o rozmiarach mniejszych niż 30-50% standardowego zasięgu czujki.

Największą skuteczność pracy czujki uzyskuje się w odległości jak najbardziej zbliżonej do jej zasięgu pracy. W takim przypadku pole widzenia pasywnej czujki podczerwieni posiada prawidłowe rozmiary i odpowiada w przybliżeniu rozmiarom człowieka. W pomieszczeniach gdzie występują gryzonie należy czujki montować na wysokości powyżej 2 metrów. Ponadto, w miejscach gdzie mamy do czynienia ze zwierzętami domowymi warto pomyśleć o montażu specjalnej czujki PIR typu PET, która cechuje się odpornością na zwierzęta (do pewnej wagi).