

PIR (PASSIV INFRAROT) SENSORIK

PIR Sensoren wandeln mittels pyroelektrischen Effekts absorbierte Strahlungswärme in ein elektrisches Signal um.

Der Einsatz von PIR Sensoren hat einige entscheidende Vorteile:

- Gute Abgrenzung des Detektionsbereichs möglich
- Keine Aussendung von Strahlung (vgl. Mikrowellensensoren)
- Sehr kostengünstig
- Äusserst geringer Stromverbrauch (Batteriebetrieb möglich)

Pyroelektrischer Effekt (Pyroelektrische Polarisation)

Einige permanent elektrisch polarisierte Kristalle haben die Eigenschaft, bei Temperaturänderung Oberflächenladungen aufzubauen. Diese Ladungen haben ihren Ursprung einerseits in einer Veränderung des Polarisationswinkels der Gitterionen (wahrer Pyroeffekt) andererseits in der temperaturabhängigen Volumenänderung und damit in der Verhältnisänderung Ladung zu Volumen (Pseudopyroeffekt). Unter Umständen kann der Pseudopyroeffekt einen grösseren Einfluss auf das Ausgangssignal haben als der wahre Pyroeffekt.

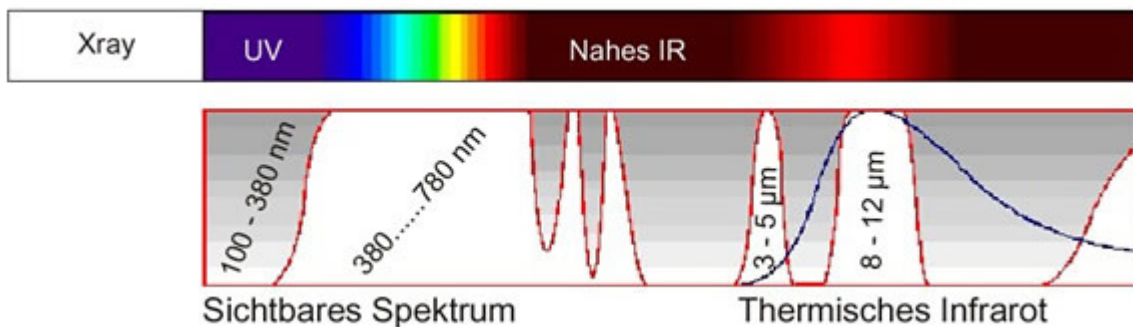
Die durch diese beiden Effekte entstandenen Oberflächenladungen werden durch intrinsische Leitfähigkeit (Eigenleitfähigkeit durch freie Ladungsträger) wieder ausgeglichen. Die Zeitkonstante mit der dieser Ausgleich erfolgt ist im Bereich von 5 – 10 Sekunden. Dadurch ergibt sich die Eigenschaft, dass nur Temperaturveränderungen (bewegte Wärmequellen) ein auswertbares Signal erzeugen.

Beispiele für Kristalle mit Pyroelektrischem Effekt sind:

- SrBaNbO_3
- PbTiO_3
- BaTiO_3
- NaNO_2
- LiNbO_3

Arbeitsbereich

Der Pyroeffekt tritt, wie oben beschrieben, durch Erwärmung von pyroelektrischen Kristallen auf. Damit ergibt sich der Arbeitsbereich im thermischen Infrarot. Wärmestrahlung kann direkt verwendet werden, um die sensorische Wirkung zu erzielen.



Wärmeabstrahlung erfolgt grundsätzlich bei allen Körpern, welche über den absoluten Nullpunkt erwärmt sind. Durch geeignete Optik werden die Temperaturunterschiede auf den Pyrosensor projiziert. Ob der zu detektierende Körper wärmer oder kälter als der Hintergrund ist, spielt keine Rolle. Wichtig ist lediglich, dass (je nach Empfindlichkeit des Sensors) ein Temperaturunterschied von einigen Grad Celsius besteht.

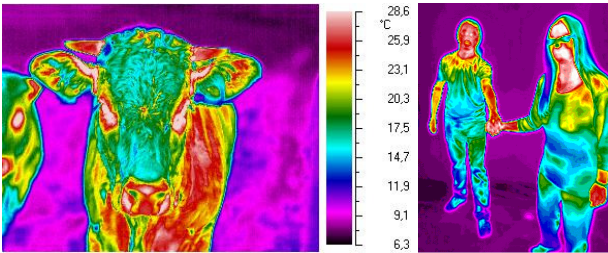


Abb: Falschfarbendarstellung von Wärmeabstrahlung

Konstruktion eines PIR Sensors

Der PIR Sensor besteht aus einer Optik, dem pyroelektrischen Element (Pyrosensor) und einer nachgeschalteten Elektronik zur Signalaufbereitung und Verarbeitung.

Der optische Teil besteht aus Linsen, welche Abbildungseigenschaften im Bereich der Wärmestrahlung (7 – 14µm Wellenlänge) besitzen. Der Pyrosensor wird meist über mehrere solcher Linsensegmente auf einer Zielfläche (z.B. Boden) abgebildet. Die Linse „sammelt“ also die vom Abbildungspunkt kommende Wärmestrahlung und fokussiert sie auf den Pyrosensor.

Pyrosensoren

Ändert die Umgebungstemperatur recht schnell, was z.B. dann gegeben ist, wenn die Sonne von einer Wolke abgedeckt wird, kann dies eine unerwünschte Aussteuerung des Sensors bewirken. Um dies zu verhindern, werden in einem Sensor zwei antiparallele pyroelektrische Kristalle eingesetzt. Eine in kurzer Zeit ansteigende äussere Temperatur wirkt auf beide Kristalle gleichzeitig. Dadurch heben sich die Ladungsverschiebungen beider Kristalle gegenseitig auf. Da die pyroelektrischen Kristalle eine Spannungsquelle mit extrem hohem Innenwiderstand darstellen, ist in Pyrosensor Bauelementen auch noch jeweils ein Feldeffekttransistor als Impedanzwandler integriert.



Speziell für Deckenmontage sind auch Pyrosensoren mit vier pyroelektrischen Chips erhältlich. Dadurch ergibt sich eine gleichmässige Empfindlichkeit, unabhängig aus welcher Richtung man sich durch das Detektionsfeld bewegt.

Optik

Das entscheidende Bauteil in einem PIR Sensor ist das Linsenarray, welches den pyroelektrischen Chip mehrfach auf den zu detektierenden Bereich abbildet. Das verwendete Linsenmaterial muss dabei eine gute Transmission im Arbeitsbereich der Wärmestrahlung aufweisen. Neben sehr teuren Materialien wie z.B. Germanium stehen Polyethylen (PE) Kunststoffe zur Verfügung. Solche Kunststofflinsen sind kostengünstig. Allerdings erfordert die doch recht hohe Dämpfung von ca. 15% je 1/10mm Linsendicke den Einsatz von Fresnellinsen.

PIR Fresnellinsen

Eine Fresnelsche Stufenlinse ist eine optische Linse, die von Augustin Jean Fresnel erfunden wurde. Ursprünglich für Leuchttürme entwickelt, ermöglicht das Bauprinzip die Konstruktion großer Linsen mit kurzer Brennweite und geringer Dicke. Dadurch werden die Transmissionsverluste im Vergleich zu herkömmlichen Linsen massgeblich reduziert.

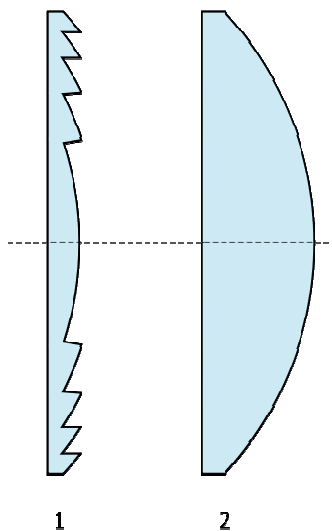


Abb.: Fresnelsche Stufenlinse vs. herkömmliche Konkavlinse

Die Verringerung des Volumens geschieht bei der Fresnellinse durch eine Aufteilung in ringförmige Bereiche. In jedem dieser Bereiche wird die Dicke verringert, sodass die Linse eine Reihe ringförmiger Stufen erhält. Da Licht nur an der Oberfläche der Linse gebrochen wird, ist der Brechungswinkel nicht von der Dicke, sondern nur vom Winkel zwischen den beiden Oberflächen einer Linse abhängig. Deshalb behält die Linse ihre optischen Eigenschaften bei, obwohl die Bildqualität durch die Stufenstruktur beeinträchtigt wird. Für einen PIR Sensor werden mehrere solcher Stufenlinsen zu einem Array kombiniert. Damit wird der PIR Chip mehrfach abgebildet. Auf jedem Abbildungspunkt kann der Sensor dann bewegte Temperaturunterschiede erfassen.

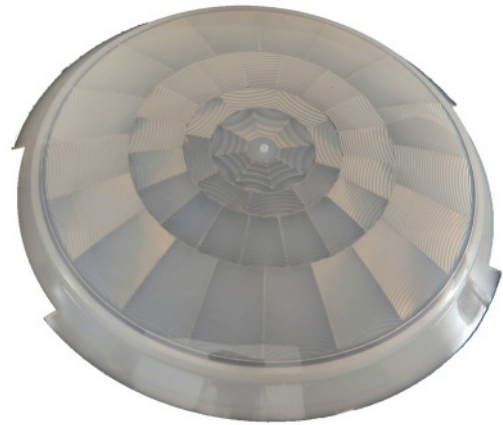
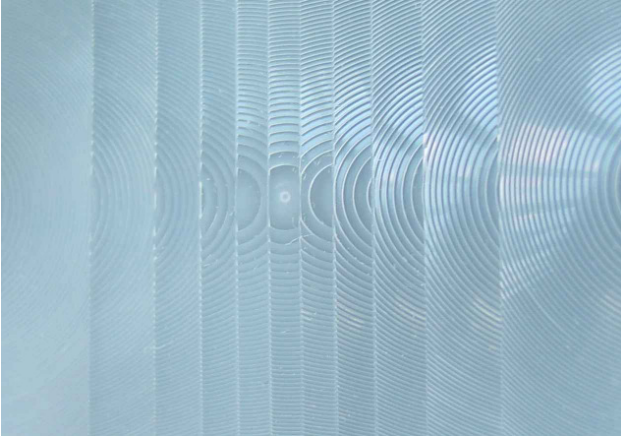
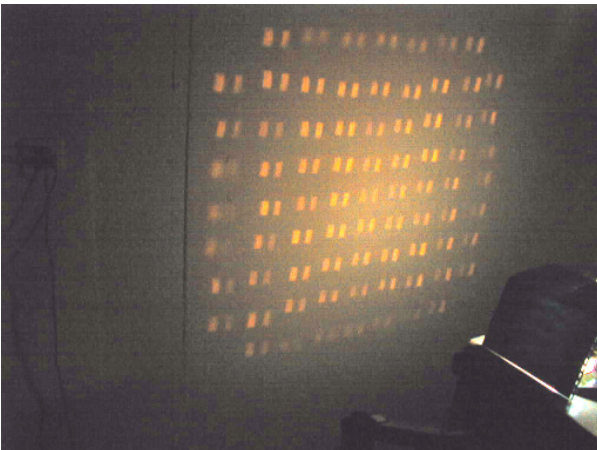


Abb.: flache PE Fresnellinse mit mehreren Segmenten

Kontrolle der Optik

Zur Kontrolle und Visualisierung des Detektionsfeldes kann eine transparent gefertigte PIR Fresnellinse mit einem speziellen Projektor hinterleuchtet werden. Die Lichtquelle hat dabei eine Blende, die den Abmessungen des Pyrochips entspricht. Auch die Apertur und Intensitätsverteilung der Abstrahlcharakteristik des Projektors muss dem Empfindlichkeitsverhalten des Pyrochips entsprechen. Das Detektionsfeld kann so auf eine Leinwand projiziert und damit sichtbar gemacht werden.



Anwendungen von PIR Sensorik

Durch das klar definierte Detektionsfeld und den günstigen Preis eignen sich PIR Sensoren vor allem für:

- Lichtsteuerung durch Präsenzdetektion (hochauflösendes Detektionsfeld erforderlich)
- Automatische Türöffner
- Alarmanlagen
- Bewegungsmelder im Aussenbereich