



Farbempfindlich wie das Auge

Integrale Farbsensoren in Industrie-Anwendungen



Winfried Reeb, Olching

Die industrielle Farberkennung und –überwachung wird einfacher. Wo es im Online-Betrieb und bei hoher Dynamik auf die einwandfreie Überwachung und Steuerung von Farben ankommt, bieten sich über optische Filterstrukturen farbsensibilisierte Silizium-Fotodioden an.

Farberkennungsaufgaben ergeben sich quer durch alle Branchen. Typische Einsatzgebiete für Farbsensoren sind die Prozessüberwachung und -steuerung in automatisierten Anlagen zur Produktion von farbigen Massengütern oder Produkten mit Farbanteil an der Oberfläche. So können die Sensoren in der Pharmazie so genannte Farbring-Codes auf Arzneiflaschen erkennen und nicht nur auf Einhaltung der Farbnuancen, sondern auch auf Anwesenheit, richtige Positionierung oder Beschädigung prüfen. Andere Anwendungen sind die Erkennung oder Überprüfung bestimmter Farbreihenfolgen, etwa von farbigen Pillen in der Verpackung, oder die Bestimmung der Farb-Codes auf der Verpackung (Bild 1).

Bild 1: Hand-held Color Analyzer mit integriertem Drei-Elemente-Sensor



Analoge Applikationen findet man auch in der Elektro- und Elektronikindustrie zur Erkennung und Zuordnung von farbigen Kabeln, bei der Bewertung oder auch Kalibrierung von selbstleuchtenden Objekten wie LEDs und Displays, zum automatischen Test montierter LED-Zeilen beziehungsweise Matrizen oder zum Prüfen und Sortieren von Bauelementen anhand ihrer charakteristischen Formen und Farben. In der Textilindustrie helfen Farbsensoren beim Überwachen von Färbungsprozessen oder in der Baustoffindustrie bei der Steuerung von Mischprozessen.

Das Prinzip der Farbmessung

Farbmessungen haben das Ziel, unter bestimmten Bedingungen den visuellen Eindruck einer Farbe mit Farbzahlen objektiv zu beschreiben und zu quantifizieren. Damit gelingt es, Farben nach Zahlen festzulegen und die Farbinformationen ohne Farbmuster allein durch Zahlen zu übermitteln. Für diese Aufgaben stehen zwei Messverfahren zur Verfügung:

- das Dreibereichsverfahren,
- das Spektralverfahren.

Das Dreibereichsverfahren arbeitet nach dem Prinzip unserer Augen (siehe Kasten). Das von einer Lampe ausgestrahlte Licht wird an einer Probe reflektiert und von drei Sensoren

empfangen. Vor den Sensoren sitzen Filter, die in den drei Farbkanälen eine spektrale Empfindlichkeit herstellen, die den so genannten Normspektralwertfunktionen entspricht und damit die spektrale Empfindlichkeit der Netzhaut simuliert. Die Auswertung der von den Sensoren kommenden Signale ergibt unmittelbar die Normfarbwerte XYZ für Rot, Grün und Blau, die dann für alle weiteren farbmatischen Berechnungen benutzt werden (Bild 2).

Beim Spektralverfahren messen Spektralfotometer die Remissionsbreite des gesamten sichtbaren Spektrums. Dabei wird das Spektrum in Abschnitte geteilt, deren Bandbreite 10 bis 20nm beträgt. Jeder Abschnitt ergibt einen Remissionswert. Die spektrale Zerlegung des von der Probe reflektierten Messlichts erfolgt in modernen Messgeräten durch so genannte Gitter-Dioden-Module oder Filter-Dioden-Module.

Das Spektralverfahren ist sehr präzise, jedoch aufwändig, langsam und teuer und somit für die industrielle Messtechnik meist nicht geeignet. Das einfache Dreibereichsmessprinzip ermöglicht dagegen preiswerte und zuverlässige Messgeräte. Die darin integrierten kleinen, kompakten Dreibereichsfarbsensoren ermöglichen zusätzlich Messungen bis in den MHz-Bereich.

Wie funktioniert die Farbwahrnehmung?

Grundsätzlich sehen wir Farben nur bei ausreichend hellem Umgebungslicht. Die Strahlung von Selbstleuchtern, wie der Sonne oder einer Glühbirne, besteht aus einer Mischung verschiedener Wellenlängen (Farben), von denen für das menschliche Auge das Spektrum von 380 bis 780nm sichtbar ist. Dafür besitzt die Netzhaut in unseren Augen zwei Arten lichtempfindlicher Zellen:

- Rund 120 Millionen Zellen für die Wahrnehmung von Schwarz, Weiß und Grautönen,
- Rund 6 Millionen Zellen für die Wahrnehmung von Farben.

Es gibt drei Arten farbempfindlicher Zellen, die auf verschiedene Wellenlängenbereiche reagieren: für Rot, Grün und Blau. Aus den roten, grünen und blauen Signalen bilden wir eine Farbmischung. Daraus entsteht die Fähigkeit, mehrerer Millionen Farben unterscheiden zu können.

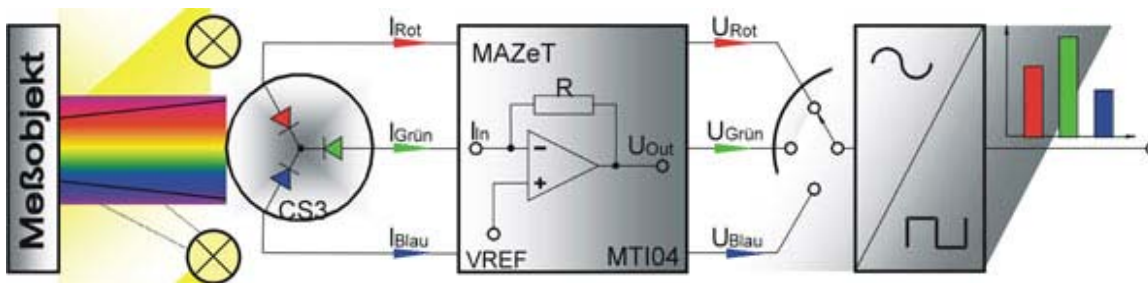


Bild 2: Prinzipieller Aufbau eines Farberfassungssystems basierend auf einem Dreibereichsfarbsensor

Signalfrequenzen bis in den Megahertz-Bereich

Allgemein empfehlen sich Farbsensoren überall dort, wo dezentral Farbstrukturen, -verläufe, -nuancen oder farbige Körperkanten bei kontinuierlichen (über einen langen Zeitraum gleichartigen) Prozessen erkannt werden müssen und diese als Mess- oder Regelgröße auf die Prozesssteuerung oder Qualitätssicherung Einfluss nehmen. Die Dreibereichsfarbsensoren von MAZeT bestehen aus drei Silizium-PIN-Fotodioden, die gemeinsam auf dem Chip aufgebaut sind: Als Segmente eines Kreises mit 2,0mm Durchmesser. Diese Dioden erlauben Signalfrequenzen bis in den MHz-Bereich. Um ein sehr geringe Übersprechen zu erreichen, hat der Hersteller MAZeT die einzelnen Sektoren durch zusätzliche Strukturen voneinander separiert (Bild 3).

Jede dieser Fotodioden wurde mit dielektrischen Farbfiltern direkt beschichtet, vorzugsweise ausgelegt für die Farbbereiche Rot, Grün und Blau. Damit ergibt sich, im Vergleich zum menschlichen Auge, eine Sensibilität für die gleichen Farbbereiche. Die kreisförmige Diodenanordnung stellt ein einfaches Einkoppeln des Messsignals mit Hilfe einer Glasfaser sicher. Durch das direkt Aufbringen der Farbfilter auf die Fotodioden bildet der >MCS3< ein kompaktes optisches Sensorelement, das wesentlich kleiner dimensioniert ist als herkömmliche Farbsensoren. Weil die Sensorik dem menschlichen Farbempfinden angepasst ist, ermöglichen Dreibereichsfarbsensoren gegenüber spektralen Messverfahren eine relativ einfache Verarbeitung und Interpretation der Messergebnisse. Für spezielle Anwendungsfälle, etwa die Begrenzung auf einen kleinen Spektralbereich, besteht jedoch die Möglichkeit, die spektrale

Charakteristik bzw. die Anzahl der Farbfilter anwendungsspezifisch zu modifizieren.

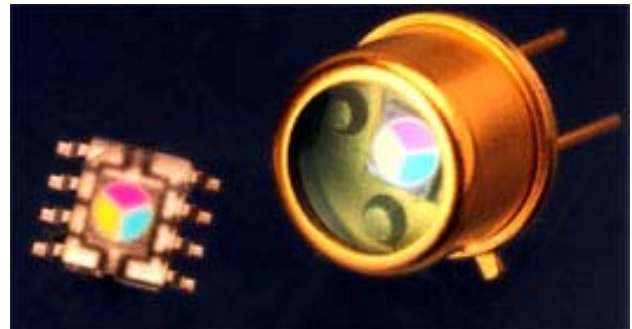


Bild 3: Drei-Elemente-Farbsensor-ICs im SMD und TO-5-Gehäuse

Hochwertige Interferenzfilter schaffen Langzeitstabilität

Die von MAZeT eingesetzten dielektrischen Farbfilter reflektieren das Licht der gesperrten Farbbereiche. Sie besitzen daher eine deutlich bessere Alterungsbeständigkeit als Farbfilter, die nach dem Absorptionsprinzip arbeiten. Des Weiteren garantieren dielektrische Filter eine hohe Temperaturstabilität und Umweltbeständigkeit, was sie auch zum Einsatz unter harten Umgebungsbedingungen prädestiniert. Standardmäßig umgibt die Sensoren ein TO5-Gehäuse mit transparentem Verguss oder Deckglas beziehungsweise ein SOP8-Gehäuse mit Klarverplattung (optional IR-Blocker). Andere Formen sind möglich. Für spezielle Anwendungen wie die Begrenzung auf einen kleinen Farbbereich besteht auch die Möglichkeit, die spektrale Charakteristik oder die Anzahl der Farbfilter applikationsspezifisch zu modifizieren. Als Kontakte stehen die Anoden der einzelnen Farbbereiche sowie die gemeinsame Kathode zur Verfügung. Durch einfache Verstärkerschaltungen lässt sich der Fotostrom wie bei einer herkömmlichen Fotodiode erfassen und weiterverarbeiten.

Farbempfindlich wie das Auge

Ein Nachteil der bislang auf dem Markt angebotenen Dreibereichsfarbsensoren ist, dass eine absolute Messgenauigkeit wie mit einem Spektralfotometer nicht erreicht werden kann. Sie werden daher fast ausschließlich für Vergleichsmessungen eingesetzt. Ein Novum sind die >True Color<-Farbsensoren der >MTCS<-Serie von Mazet, die unter dem Markennamen >Jen-Colour< vertrieben werden (1).

Die erzielbare Qualität der Farbmessung ist wesentlich von der Art und Qualität der Filterfunktion abhängig. Die neue Generation der Farbsensoren setzt die Normspektralwertfunktionen um, wie sie unter >DIN 5033, Teil 2- Farbmessung; Normvalenzsysteme – CIE 1931< festgelegt sind. Dies gestattet eine Farbmessung nach dem in der >DIN 5033, Teil 6 – Farbmessung; Messung mit spektralen Eigenschaften< definierten Dreibereichsverfahren (2). Eine somit realisierbare Farbmessung zielt auf Anwendungen mit spektraler Erfassung zur >hinreichend genauen Detektion< von remittierenden oder transmittierenden Proben. Als Basismaterial der Fotodioden dienen PIN-Dioden mit einer speziellen technologischen Anpassung im spektralen Empfindlichkeitsbereich. Im Vergleich zu herkömmlichen Standard-PIN-Technologien mit einem Maximum zwischen 600 und 800nm und einer geringeren Empfindlichkeit im blauen

Spektralbereich ist die maximale Empfindlichkeit der bei JenColour verwendeten Technologie bei zirka 580nm. Sie besitzt damit eine wesentlich höhere Empfindlichkeit im blauen Spektralbereich als andere Technologien.

Fazit: Normberechte Farbmessungen möglich

Die Farbsensor-ICs liefern Fotoströme quasi mit spektralen Eigenschaften, die der Funktion der XYZ-Normspektralwerte entsprechen. Durch die entsprechende Verstärkungsanpassung beziehungsweise Normierung der Messwerte mit einem für jeden Kanal definierten Faktor wird auch die so genannte Lutherbedingung erfüllt, das heißt, die resultierenden absoluten XYZ-Normspektralwerte stehen zur weiteren Umrechnung in einen beliebigen Farbraum zur Verfügung. Entsprechend den Kundenforderungen und der jeweiligen Anwendung sind somit hinreichend genaue Farbdetektionen von >augengenau< bis >True Color<, also normberechte Farbmessungen möglich.

- **Literatur**
 1. >Farbempfindlich wie das Auge<; Firmenschrift der MAZeT GmbH, Jena
 2. >True Color ICs gestatten Farbmessung nach DIN 5033< Firmenschrift der MAZeT GmbH, Jena
 3. Harald Krzyminski: >Farbmesstechnik für die graphische Industrie<; Firmen für die graphische Industrie<; Firmenschrift der Techkon GmbH, Königstein
- **Winfried Reeb**
Ist Vertriebsingenieur bei Laser Components in Olching.

Stand: 04/04 / V1 / HW / Farbempfindlich wie das Auge.doc