

# SENSOR report

Sensorik und Bildverarbeitung für Messtechnik und Fabrikautomation

## (R)evolution in der Temperatursensorik

Die neue Generation für die Prozesstechnik



# Pt 100 bis 850°C

Langzeitstabil  
Druckfest  
Preisgünstig

Temperatursensor HD 421, Pt 100 in Platin-Dünnschichttechnik

von Heraeus Sensor Technology

Special:  
Bildverarbeitung/  
Qualitätssicherung

Gewindesensor

Bildverarbeitung mit  
dritter Dimension

Messdaten vom  
Klima

Druckmessung im  
Kopf

Berührungslose  
Drehmoment-  
erfassung

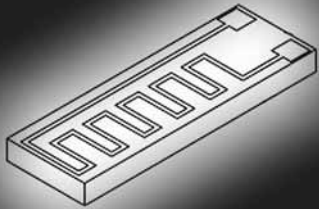
Funkanbindung  
von Messsystemen

AMA Jahresbilanz

Hannover Messe/  
Interkama+

2/2004  
April

Platin-Widerstandsthermometer in Dünnschichttechnik überschreiten historische Grenzen. Als Thermometer-Messeinsätze in Mineralisolierung lassen sie Thermolemente im Dauerbetrieb alt aussehen.



## Pt100-Chips stabil bei 850 °C

Die Chip-Prozesstechnik bringt wieder Bewegung in die Temperatursensorik. Die Massenkörkte Automobilbau, Weiße und Braune Ware haben Platin-Widerstandsthermometer in Dünnschichttechnologie wegen ihrer vielfältigen messtechnischen Vorteile und Zuverlässigkeit längst erreicht. Der Knackpunkt lag hier früher bei den Kosten. Durch die Einführung von Technologien, die eher typisch für die Halbleiterfertigung sind, konnte der weltweit führende Hersteller von Platin-Temperatur Sensoren in den vergangenen Jahren die entscheidenden Preisbarrieren brechen. Parallel zur Eroberung der Massenkörkte erreicht Heraeus Sensor Technology mit den hier vorgestellten Platin-Dünnschicht Sensoren jetzt ihr Etappenziel, die in der Verfahrenstechnik bis 650 °C weit verbreiteten Thermolemente zuverlässig durch stabile Pt100-Chipsensoren zu ersetzen.

### Chip ersetzt Thermolement

Die Funktion von Thermolementen beruht auf der Volumendiffusion der Ladungsträger, bedingt durch den Temperaturgradienten entlang der Thermodrähte. Bei genauen Messungen wird die Kenntnis der Kaltstellentemperatur als Referenzpunkt vorausgesetzt. Die messtechnisch verwertbare Ausbeute liegt je nach Thermodrahtkombination bei ca. 30 µV/K. Das ist in Zeiten von Handys und Thyristorschaltern kein besonders robustes Signal. Unter Dauerlast zeigen Thermolemente deutliche Alterungserscheinungen, Also Messunsicherheiten.

Widerstandsthermometer nutzen die bei Metallen gegebene Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von der Temperatur. Von vielen Metallen und Legierungen, die getestet wurden, hat sich schon lange das reine Platin als besonders für die Temperatur-Messtechnik geeignet herauskristalliert.

Bereits vor fast 100 Jahren wurde Heraeus ein Patent auf einen gewickelten Platin-Widerstand zur Temperaturmessung erteilt. Mit der Einführung der Dünnschichttechnik in den 70-er Jahren setzte die Entwicklung spezieller Bauformen für Massenkörkte wie Automobil und Weiße Ware ein. Und jetzt, im Jahr 2004, stehen erstmals solche Dünnschicht-Sensoren für den Dauerbetrieb als Thermometer-Messeinsätze bis 650 °C (ohne Mineralisolierung bis 850 °C) zur Verfügung. Bereit, auch bei diesen Prozesstemperaturen die unpraktischen Thermolemente und auch die teureren, gewickelten Pt100-Messeinsätze zu ersetzen.

Bei einem Platin-Dünnschichtsensor bildet die auf einen planaren Keramikträger aufgebrachte und mäanderförmig strukturierte Platinschicht das temperaturempfindliche Element. Für die Herstellung werden Aluminiumoxid-Substrate durch Vakuumverdampfen mit Platin beschichtet. Die Strukturierung erfolgt nach dem Lithografie-Verfahren. Für den individuellen Digitalabgleich werden vorhandene Kurzschlussbrücken mittels Laserstrahl durch Verdampfen des Platins aufgetrennt. Die Leiterbahn des Mäanders wird dadurch verlängert und eine gestufte Widerstandserhöhung erreicht. Beim genaueren Analogtrimmen

wird der Widerstand durch Anschneiden einer hutförmig ausgebildeten Platinfläche erhöht, bzw. der Strompfad erweitert. Eine im Siebdruckverfahren aufgedruckte und anschließend eingebrannte Glasschicht schützt den Mäander gegenüber Umgebungseinflüssen. Die Anschlussdrähte werden im Thermokompressionsverfahren an entsprechende Kontaktflächen gebondet und mit einer Zugentlastung versehen.

### Produktions-Philosophie entscheidend

Wer, wie Heraeus, das Ziel verfolgt, Platin-Temperatur Sensoren hoher Präzision mit hoher Ausbeute in hohen Stückzahlen zu marktfähigen Kosten zu produzieren, muss vor allem jeden einzelnen Fertigungsschritt analysieren, optimieren und permanent kontrollieren. Es genügt bei weitem nicht, das eine oder andere Verfahren aus der Chip-Technologie auf Sensoren zu übertragen. Die komplette Fertigung muss vom konventionellen Sensorbau auf die Ebene einer neuen Verfahrensphilosophie angehoben werden. Das gilt nicht nur

für (Rein-)Räumlichkeiten, Geräte, Abläufe oder die Qualitätssicherung sondern auch für das gesamte Personal. Die Produktion von Dünnschichtsensoren kann nur dann von konstanter Güte sein, wenn die vielfältigen Parameter wie Temperaturen, Drücke, Zeiten, Aufbringraten, usw. exakt eingehalten und nachvollziehbar bleiben. Die Produktion von Großserien mit garantierten Produkteigenschaften setzt eine lückenlose Prozessdatenkontrolle mit entsprechenden Informationsnetzwerken und Software-Tools voraus.

### Für die Prozesstechnik optimiert

Der jetzt von Heraeus Sensor Technology vorgestellte Platin-Temperatursensor in Dünnschichttechnik ist in allen relevanten Eigenschaften auf die Anforderungen beim Dauerbetrieb in der Prozesstechnik abgestimmt. Die optimierte Abstimmung der Werkstoffe des Gesamtsystems verhindert zum Beispiel, dass oberhalb 550 °C so genannte Platingifte entstehen, die das Material dotieren und das elektrische Verhalten des Sensors nachhaltig verändern könnten.

Die entscheidenden Vorteile der Platin-Temperatursensoren des Typs HD 421 (Nennwiderstand 100 Ohm) liegen genau dort, wo sie die Anwender in der Prozesstechnik suchen: Langzeitstabilität, Genauigkeit und Temperaturbereich. Der etwa 2,2 mm breite, 4 mm lange und nur 1,2 mm dicke Chip entspricht in seinen Spezifikationen der DIN EN 60751. Bei einem definierten Temperaturkoeffizienten von 3850 ppm/K reicht der Temperaturmessbereich von -70 °C bis 850 °C. Abmessungen und Messsignal machen ihn zum Thermometer-Messeinsatz der Zukunft.

### Langzeit-Stabilisiert

Besonders in der Prozesstechnik sind die Langzeiteigenschaften der

Messfühler für die Zuverlässigkeit der Produktqualität von Interesse. Über eine Betriebsdauer von 1000 Stunden bei 850 °C bietet der HD 421 bei bestromtem offenem Betrieb noch eine Abweichung von Sollwert, die besser ist als nach DIN B zulässig. Bei Verwendung des Dünnschicht-Temperatursensors als Messeinsatz, eingebettet in saubere Mineralisolation, wird die gleiche Qualität bis 650 °C bei Dauerbetrieb gewährleistet. (Bei Temperaturen oberhalb von 650 °C ist lediglich darauf zu achten, dass der Sensor keiner reduzierenden Atmosphäre ausgesetzt wird, also Luftzutritt möglich ist.)

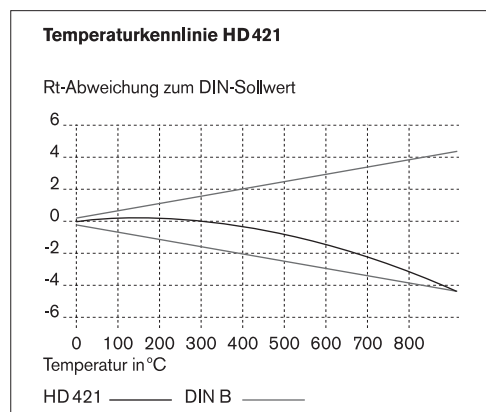


Abb. 1: Bis weit über 800 °C hält der Pt100 in Dünnschichttechnik, Typ HD-421, die zulässigen Toleranzen nach DIN EN 60751 Klasse B ein. (Abbildungen: Heraeus Sensor Technology, Kleinostheim)

Ein großes Problem für Thermoelemente sind neben dem stöempfindlich geringen Ausgangssignal vor allem die Alterserscheinungen durch Eindiffusion von Verunreinigungen und die Änderung der Thermokraft durch mechanische Belastung. Nicht umsonst gilt hier die Faustregel: Ein einmal verlegtes Element darf nicht mehr verändert werden, weil sich durch Knicke und Biegungen die Thermokraft ändert.

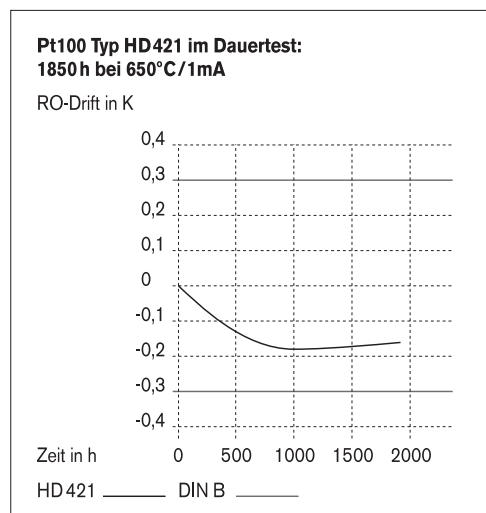


Abb. 2: Neben der Genauigkeit ist die Langzeitstabilität eine der wichtigsten Eigenschaften zuverlässiger Sensoren. Der in Dünnschichttechnik hergestellte Pt100 vom Typ HD-421 übertrifft hier diverse Thermolemente und sogar gewickelte Platinwiderstände.

Der hier vorgestellte Platin-Temperatursensor in Dünnschichttechnik erreicht Erschütterungsfestigkeiten von mindestens 40 g (Sinus-Halbwellen, 8 ms Dauer). Als Vibrationsfestigkeit werden Beschleunigungen bis 100 g im Frequenzbereich von 10 Hz bis 2000 Hz spezifiziert. Beide Werte, sowohl für Stoß- als auch Schwingungsbelastung können durch die Montageart beeinflusst werden.

Bedingt durch die geringe Masse haben Thermolemente im Grunde ein sehr gutes Ansprechverhalten. Das wird allerdings mit dem Einbau in Schutzrohre relativiert. Die hier vorgestellte bereits stark miniaturisierte Chip-Bauform des Platin-Temperatursensors liefert in bewegtem Wasser den 90 %-Wert der Ist-Temperatur nach 0,17 Sekunden und nach 13 Sekunden im Luftstrom – also Kennwerte, die die meisten Applikationen in der Prozesstechnik zuverlässig bewältigen.

### Technische Daten im Überblick

Platin-Temperatursensor in Dünnschichttechnik; Typ: HD 421 Pt 100.  
 Hersteller: Heraeus Sensor Technology GmbH

Nennwiderstand:	100 Ohm
Spezifikation:	DIN EN 60751
Temperaturbereich:	-70 °C bis +850 °C
Temperaturkoeffizient: Tk =	3850 ppm/K
Langzeitstabilität:	1000 h bei 850 °C (offen)
	1000 h bei 650 °C (MI)
Stoßfestigkeit:	40 g/8 ms Sinus-Halbwellen
Vibration:	100 g/10...2000 Hz
Isolationswiderstand:	> 1 MOhm bei 650 °C
Ansprechzeit:	Wasser: t <sub>0,9</sub> = 0,17 s
	Luft: t <sub>0,9</sub> = 13 s
Messstrom:	max. 5 mA

### Ausblick

Heraeus Sensor Technology produziert etwa 14 Mio. Platin-Widerstandstemperatursensoren pro Jahr und hat eine ganz selten anzutreffende Marktführerschaft: technologisch, produktionsseitig, qualitätsmäßig und kostenmäßig. Auch mit dem hier vorgestellten HD 421 für Temperaturen bis 650 °C als Messeinsatz wird dieser Anspruch unterstrichen.

**Literatur:**  
 Widerstandsthermometer für Temperaturen über 600 °C, Sensor Report 4(1993)34-36  
 Mit Platin-Dünnschichttechnologie erfolgreich (Interview), Sensor Report 6(2003)16-19  
[www.heraeus-sensor-technology.de](http://www.heraeus-sensor-technology.de)

- Info-Nr.: C42101
- Fax-Service: + 49-6402-9693