

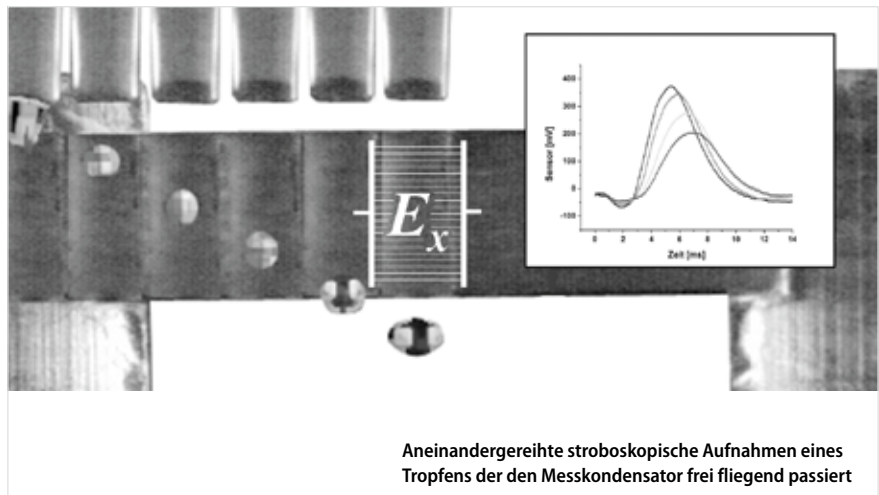
Auch Mikrotropfen besitzen „Fingerabdrücke“



Messkondensator ermittelt Volumen und Qualität winziger Flüssigkeitsmengen – kontaktfreie Überwachung von Dosierprozessen

In diesem Beitrag wird ein kapazitiver Sensor zur Überwachung kontaktfreier Dosiersysteme vorgestellt. Die berührungslose Arbeitsweise des kostengünstig herstellbaren Messkondensators ermöglicht es, jegliche Kontamination der dosierten Tropfen oder Mikrotropfen durch das Messsystem zu verhindern und erlaubt eine verlustfreie Prozess- und Qualitätskontrolle.

■ Andreas Ernst, Peter Koltay



Die gezielte Applikation kleinster Flüssigkeitsmengen findet in vielen Bereichen der Industrie immer häufiger Anwendung. Der Einsatz von Mikrodosiersystemen reicht mittlerweile weit über chemische und medizinische Anwendungen hinaus. Hochgenau dosierte Mengen an Klebstoffen, Schmierstoffen oder beispielsweise Kühlmitteln finden ihr Ziel in zahlreichen vollautomatisierten Industrieprozessen. Hierfür werden kontaktfreie Dispensiersysteme eingesetzt, die Einzeltropfen mit Volumina im Bereich von Piko- bis Nanolitern (10^{-12} bis 10^{-9} Liter) präzise applizieren. Die Flüssigkeitsmenge wird als Strahl oder Einzeltropfen abgegeben und überwindet den Weg von der Dispensierdüse zum Substrat frei durch die Luft fliegend.

Berührungsloses Messprinzip

Durch die geringen Dosiermengen sowie durch hohe Verdunstungsraten ist eine Überwachung solcher Dispensierprozesse mit technischen Schwierigkeiten und erheblichen Kosten verbunden. Der hier beschriebene kontaktfreie Sensor dagegen erlaubt durch sein berührungsloses Messprinzip die verlustfreie Detektion von Tropfen und ist durch seine flache Bauform leicht in Produktions- oder Laboranlagen integrierbar. Dank des kapazitiven Verfahrens wird eine kontaminationsfreie und direkte Prozesskontrolle für eine Vielzahl von Flüssigkeiten möglich. Die Fertigung des Sensorelementes zusammen mit der Auswerteelektronik in konventioneller Leiterplattentechnologie erlaubt eine kostengünstige Herstellung. Zudem lässt sich das System einfach an verschiedene Bauformen kontaktfreier Tropfendispensier anpassen.

Die Vermessung kleinster Tropfen in Volumenbereichen von wenigen Piko- bis hin zu mehreren Nanolitern geschieht meist durch Auswertung stroboskopischer Aufnahmen. Hierzu werden Bilder benötigt, die den dispensierten Tropfen möglichst als Kugel darstellen, um daraus deren Radius und damit das Volumen des Tropfens zu ermitteln. Solche bildgeben-

den Systeme mit automatischer Auswertung sind komplex und teuer. Sie eignen sich nur bedingt zur Integration in automatisierte Industrieanlagen. Ferner lässt die zeit- und rechenintensive Evaluierung der gewonnenen Daten bei den in der Regel sehr hohen Produktionsgeschwindigkeiten oftmals keine Online-Prozesskontrolle zu.

Eine andere Methode, die gravimetrische Messung der dispensierten Tropfen, ist ebenfalls nicht in der Produktion anwendbar. Die geringen Massen der sehr kleinen Tropfen erfordern hochgenaue Wägetechnik, die nur mit hohem Aufwand umgesetzt werden kann. Eine industrielle Integration solcher Systeme ist aufgrund äußerer Störeinflüsse nicht möglich. Um präzise Messergebnisse zu erhalten sind Aufbauten auf windgeschützten, schwingungsgedämpften Tischen in Laborumgebung nötig. Ein weiterer negativer Aspekt dieser Methode ist der Verlust der Medien, die auf dem Waagenteller landen und somit nicht für die weitere Verwendung im Produktionsprozess zur Verfügung stehen.

Flug durch den Kondensator

Mit Hilfe des hier vorgestellten Sensors kann die geschilderte Problematik ge-

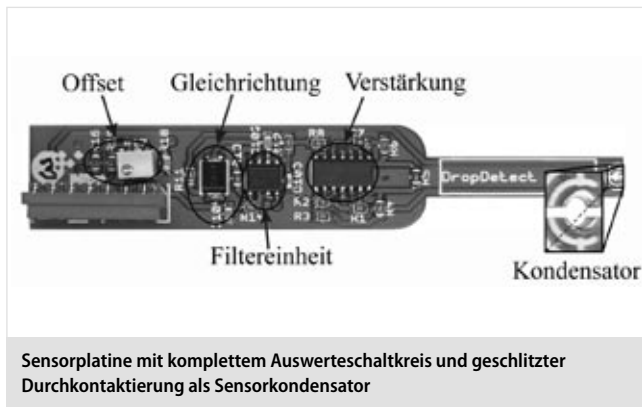
AUTOREN

Andreas Ernst

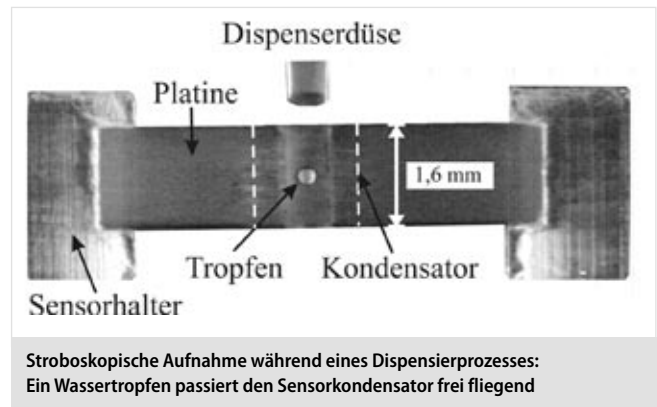
ist R&D-Ingenieur am Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) der Universität Freiburg
T +49/761/2038295
Andreas.Ernst@IMTEK.de

Dr. Peter Koltay

ist Geschäftsführer der Firma Biofluidix in Freiburg
T +49/761/2037282
Peter.Koltay@Biofluidix.com



Sensorplatine mit komplettem Auswerteschaltkreis und geschlitzter Durchkontaktierung als Sensorkondensator



Stroboskopische Aufnahme während eines Dispensierprozesses: Ein Wassertropfen passiert den Sensorkondensator frei fliegend

löst und eine kosteneffiziente Methode zur Prozesskontrolle auf dem Gebiet der kontaktfreien Mikrodosierung realisiert werden. Das für den Sensor angewandte physikalische Messprinzip basiert auf der Änderung der Kapazität eines offenen Plattenkondensators während ein frei fliegender Tropfen diesen passiert. Durch das Einbringen eines Dielektrikums in das elektrische Feld eines Kondensators ändert sich dessen Kapazität in direkter Abhängigkeit von der materialspezifischen Dielektrizitätskonstante. Im Rahmen des vorgestellten Konzeptes kann ein dispen-

sierter Tropfen als Dielektrikum mit einer Permittivität $\epsilon_r > 1$ ($\epsilon_{rH_2O} = 81$) angesehen werden, der auf seinem Weg zum Substrat den Sensorkondensator passiert und somit zu einer kurzzeitigen Kapazitätserhöhung führt. Diese Kapazitätsänderung lässt sich durch einen geeigneten elektrischen Schaltkreis messen.

Die konventionelle Leiterplattentechnologie bietet dabei eine einfache Möglichkeit zur Herstellung eines offenen Kondensators der als Messeinheit verwendet werden kann. Hierfür wird eine Standard-Durchkontaktierung (Via) durch Leiter-

bahnen mit dem elektronischen Sensorschaltkreis verbunden. Im Anschluss an die Platinenfertigung trennt man das Via mit einem Fräswerkzeug auf. Das Ergebnis sind zwei sich gegenüberliegende Kondensatorplatten, zwischen denen der dispensierte Tropfen hindurchfliegen kann. Neben dem Sensorkondensator findet auf der Platine der gesamte Sensorschaltkreis Platz. Form und Größe des Sensorprototyps sind speziell an das hier verwendete PipeJet-Dispensiersystem angepasst. Um den Sensor sinnvoll einsetzen zu können, wird die Sensorplatine in einen speziel-

Schnellblicker

Manche behaupten ja wir hätten selbst schon rote Augen, weil wir uns mit so viel Leidenschaft den optoelektronischen Sensoren widmen. Wenn das ein Zeichen des jahrzehntelangen Applikations-Know-Hows und der Suche nach optimalen Lösungen ist, soll uns das recht sein.

Willkommen bei den Spezialisten für optoelektronische Sensoren – Willkommen bei den sensor people

Die neue Sensor-Generation in den Bauformen 3B, 25B und 46B mit aktiver Fremd- und Falschlichtunterdrückung und brightVision® für einfaches Handling und schnelle Inbetriebnahme.

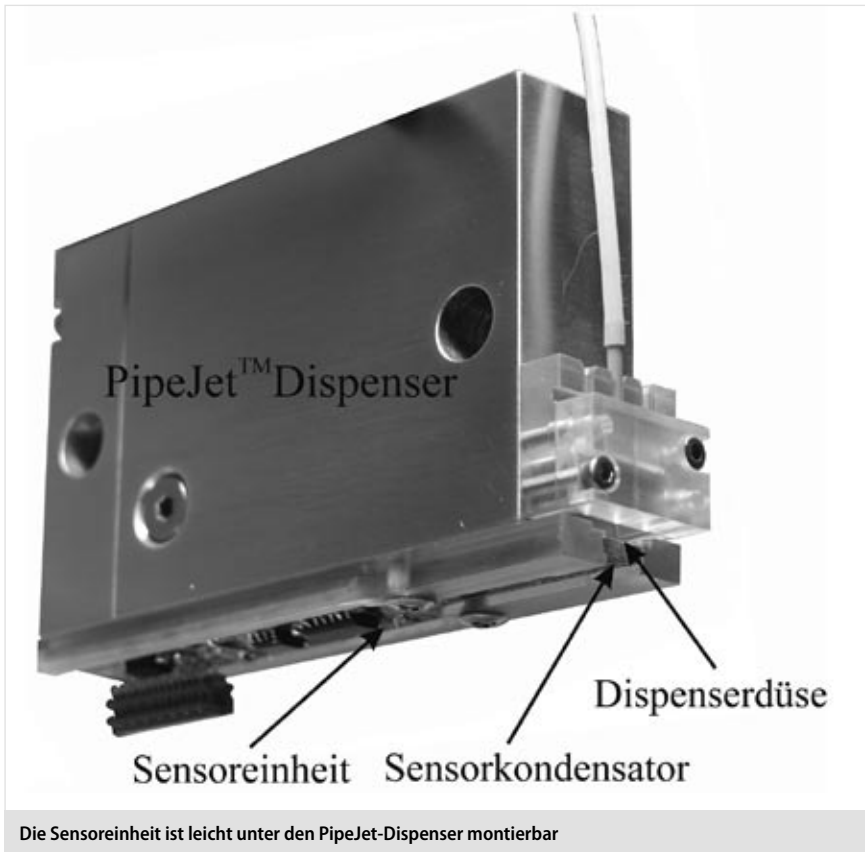
Weitere Informationen und Produktdetails unter www.the-sensor-people.de



Leuze electronic GmbH + Co. KG – In der Braike 1 – D-73277 Owen
Telefon +49 (0) 7021 / 573-0 – www.leuze.de

 **Leuze electronic**

the sensor people



len, unter die Dispensereinheit montierten Halter eingeschoben. Dadurch kann der Kondensator direkt auf die Flugbahn der dispensierten Tropfen positioniert werden.

Der Durchmesser des Messkondensators kann an die erwartete Tropfengröße angepasst werden, um die Sensitivität des Systems zu optimieren. Dabei müssen allerdings mögliche Toleranzen im Dispensierprozess – beispielsweise Flugbahnabweichungen der Tropfen oder die Entstehung von „Satelliten“ – berücksichtigt werden. Um einer eventuellen Benetzung und Kontamination der Kondensatorplatten vorzubeugen, sollte der gewählte Durchmesser ausreichend groß sein. Im gezeigten Fall wurde bei einem maximal zu erwartenden Tropfendurchmesser von 600 µm ein Kondensatordurchmesser von 1,2 mm verwendet. Die Höhe der Kondensatorplatten wird im Wesentlichen durch die Dicke der Sensorplatte bestimmt, in diesem Fall waren das 1,6 mm.

Um Kapazitätsänderungen zu bestimmen wird der Messkondensator mit einer Sinusspannung von 20 V versorgt. Die Frequenz der Sinusspannung wurde auf die gemessene Resonanzfrequenz des Versorgungsschaltkreises von 156 kHz eingestellt. Mit dieser Anordnung wird letztendlich die Impedanz des Messkon-

densators ermittelt, die in direkter Abhängigkeit zu dessen Kapazität steht. Durch die auftretende Kapazitätsänderung beim Passieren eines Tropfens wird der Arbeitspunkt der Eingangsstufe des Sensors verschoben, was zu einer Amplitudenänderung des aufgenommenen Sinussignals führt. Da die Kapazitätsänderung sehr klein ist (beispielsweise wird für den beschriebenen Kondensator durch einen Wassertropfen im Größenbereich von $V = 50 \text{ nL}$, nur eine Änderung von etwa 0,8 fF bewirkt), sind die erwarteten Signale sehr schwach und lassen sich nur durch entsprechende Nachverstärkerstufen auswerten. Nach Gleichrichtung und Filterung können die Messsignale dann kontaktfrei aufgenommen werden.

Bei den typischen Signalen für Einzeltropfen von Wasser sind Signalform und -amplitude mit den verschiedenen Volumina der Einzeltropfen korreliert. Eine quantitative Auswertung der Signale von mehreren hundert Dosierungen bei unterschiedlichem Volumen ergibt einen linearen Korrelationskoeffizienten von 0,988, was eine Vorhersagbarkeit des Volumens aufgrund des Sensorsignals mit 97,6 Prozent Genauigkeit bedeutet. Neben dieser – in Anbetracht der kleinen Abmessungen der Tropfen – hervorragenden Genauigkeit ist es mit Hilfe des Sensors auch möglich, unterschiedliche >

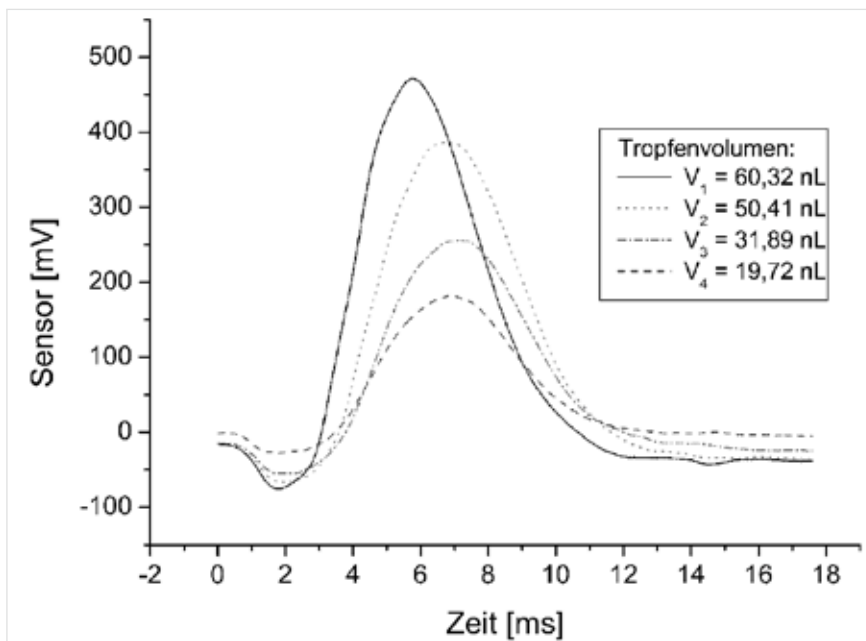
Wir fertigen Encoder für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche. Zugespitzt auf Ihre Bedürfnisse entwickeln wir jede Art von Drehgeber. Genau auf Ihre Applikation abgestimmt. Ob Inkremental- oder Absolutgeber. Mit Wellenausführung oder mit Hohlwelle, ob Miniatur-Encoder oder Drehgeber für die Schwerindustrie sowie Explosionsgeschützte Varianten für die Erdölindustrie. Gerade hier vertrauen unsere Kunden auf die Qualität der GESgroup Encoder – dann nämlich wenn Betriebssicherheit kein Zufall sein darf! Auf unsere robusten und betriebssicheren Drehgeber gewähren wir eine exklusive 3-Jahres-Garantie.



W+S Meßsysteme
A GESgroup Company

Humboldtstraße 11
D-78549 Spaichingen
Tel. +49 7424 502740
Fax +49 7424 502741
info@globalencoder.com
Freecall: 0800-ENCODER

www.globalencoder.com



Vergleich typischer Sensorsignale die durch Wassertropfen mit unterschiedlichen Volumina erzeugt worden sind

Flüssigkeiten und Tropfengeschwindigkeiten qualitativ zu unterscheiden. Jeder Dosiervorgang verfügt hinsichtlich Dosiermedium, Tropfengeschwindigkeit und Volumen über einen charakteristischen „Fingerabdruck“ mit dessen Hilfe identifizierbar ist, ob die Dosiereinstellungen den Vorgaben entsprechen. Bei Drift oder starken Schwankungen im Prozess kann somit ein Alarm ausgelöst werden. Ebenso, wenn beispielsweise ein falsches Dosiermedium mit anderen rheologischen Eigenschaften befüllt worden ist, oder wenn etwa die Temperatur der Flüssig-

keit stark von den Vorgaben abweichen sollte.

Zusammenfassung

Durch die hohe Reproduzierbarkeit und einfache Integrierbarkeit des vorgestellten Sensors eignet sich dieser sehr gut zur Prozess- und Qualitätskontrolle bei kontaktfreien Dispensierprozessen. Neben qualitativen Aussagen, ob beispielsweise ein Tropfen tatsächlich dispensiert wurde oder es sich um die richtige Flüssigkeit handelt, können mit dieser Technologie

auch quantitative Aussagen hinsichtlich des Volumens abgeleitet werden. Nach einmaliger Kalibrierung auf die unterschiedlichen Materialeigenschaften der verwendeten Medien lassen sich mit dem Sensor Aussagen über das dispensierte Volumen direkt, schnell und präzise treffen.

Somit eignet sich der Sensor für die einfache Prozessüberwachung – wie beispielsweise Präsenzdetection von Tropfen oder die Bestimmung der Anzahl von Tropfen – ebenso wie für eine anspruchsvollere Qualitätskontrolle. Der Messkondensator liefert alle Parameter, die typischerweise für die Steuerung und Kontrolle von Produktionsmaschinen erforderlich sind, und hat somit im Maschinenbau ein hohes Potenzial zur Kostenreduktion. Der entscheidende Vorteil des vorgestellten Konzepts liegt aber im kostengünstigen Herstellungsprozess durch etablierte Leiterplattentechnologie. So ist sowohl die Herstellung des Messkondensators, als auch die Aufbau- und Verbindungstechnik extrem einfach und kostengünstig realisierbar. Mit vertretbarem Kostenaufwand lassen sich auch mehrkanalige Dosieranlagen und Laborgeräte mit dem Sensor ausrüsten, wobei jeder Kanal separat überwacht werden kann. Daraus ergeben sich ungeahnte Möglichkeiten im Bereich der Laborgeräte für Biotechnologie und Pharmaforschung sowie für Prozessautomaten in der medizinischen und klinischen Diagnostik. ■

Weiterführende Infos auf www.AuD24.net

more @ click ADK89060

Lesetipp

► Wo können herstellerübergreifend Produkte und Dienstleistungen der industriellen Automation angefragt werden?

www.AuD24.net