

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФАМИЛИЯ МИКРОСЕНЗОРИ ЗА ПРОВОДИМОСТ ПРИ ПРОДЪЛЖИТЕЛНО ИЗЛАГАНЕ НА ВЪЗДЕЙСТВИЯ В ЕСТЕСТВЕНА СРЕДА

INVESTIGATION OF THE BEHAVIOUR OF FAMILY MICROSENSORS FOR CONDUCTIVITY BY LONG TERM EXPOSITION OF ENVIRONMENTAL INFLUENCE

Марин Б. Маринов, Васил Т. Гълъбов, ТУ София, 1756 София

C. Schilling TU Ilmenau, D-98684 Ilmenau, Germany

Abstract. Microsensors are already components of macrotechnical systems in various areas. The reduction of the geometrical dimensions allows the use of entirely different methods for signal conversion. The specific sensors to be considered - a family of microsensors for conductivity measurement are exposed in environments with defined parameters for a long period of time. In the paper are presented the experimental setup and the technique for investigation of various reasons for the sensor parameter variations. The study of the stability of the microstructural measuring probes aims at the increase of their reliability in in-situ mode through integration of components for selfcleaning of the effective sensor surface.

УВОД

Опазването на естествената ни среда се е превърнало в една от най-неотложните задачи на съвременето. Въздухът, почвата и водата се характеризират с комплекс параметри, чието обхващане поставя нови изисквания към измервателната техника. При това като водещ принцип при разработките се налага все повече изискването за измерване on-line, in-situ и с висока точност и разделителна способност. Проблемът, който поставя най-сложни за преодоляване трудности, е свързан с разнообразните взаимодействия на всеки сензор със средата, в която той е поставен. При това всеки сензорен обект се влияе негативно, което води често до непредсказуемо нарушаване достоверността на получаваните данни. В конвенционалната измервателна техника се предприемат разнообразни мерки за противодействие на неблагоприятните въздействия, но често, най-вече по икономически причини, при тях се достигат границите на ефективността им.

Микросензорите вече са съставни части на макротехническите системи в редица области. Намалването на геометричните размери дава възможност за

използване на коренно нови методи за преобразуване на сигналите въз основа на конструктивната специфика. Доминирането на повърхностни процеси, голямата динамика на процесите на енергиен обмен и преобразуване както и високата модулна плътност, която може да се постигне, дават основание да се предполага създаването на съвършено нови технически средства при по-нататъшното развитие на технологиите[5, 7].

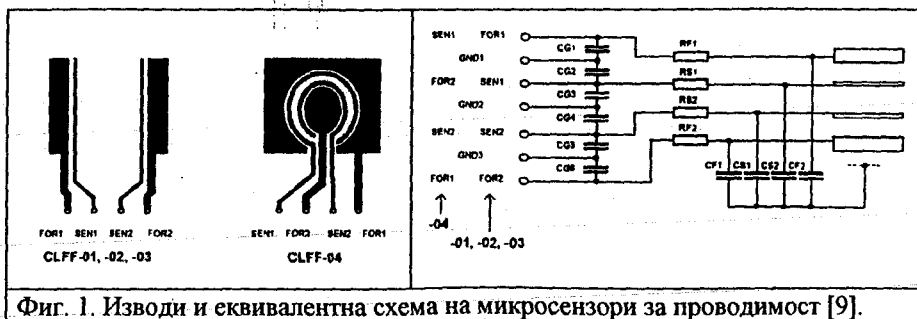
Докато приложението на микросензорите в лабораторни условия и при управление на химически процеси, т.е. при възпроизвеждащи се условия, понастоящем вече е достигнало стадия на замяна на класическите измервателни средства, то предвижданията за приложението им при следене параметри на околната среда са все още твърде диференцирани. На положителните фактори, каквито са възможността за голямосерийно производство и възможностите за интегриране на отделните модули, се противопоставя трудно преодолимият аргумент, че микроструктурите са изложени при естествени условия на множество недетерминирани фактори, които понижават надеждността далеч под нивото на тази при конвенционалните измервателни средства[5].

По-общият проблем при представените изследвания касае въздействието на естествената водна среда върху работата на микротехнологично създадени сензори и принципните възможности за минимизиране на това въздействие.

ФАМИЛИЯ МИКРОСЕНЗОРИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ПРОВОДИМОСТ

Обектът при изследването е фамилия сензори за проводимост, микротехнологично изградени на силициева основа, с електроди от титанов нитрид, които са излагани продължително време в естествени среди с определени параметри. Схемата и изводите на основните представители на фамилията микросензори са дадени на фиг. 1.

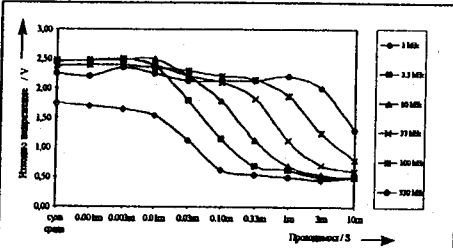
Чиповете са залети с изкуствена смола върху подложка тип FR4. И двата материала са ограничено хигроскопични. На фиг. 2 са представени предавателните характеристики на микросензор от фамилията при избрани честоти и стимулиране с напрежение 20 V_{SS}.



Фиг. 1. Изводи и еквивалентна схема на микросензори за проводимост [9].

Таблица 1. Основни електрически параметри на микросензори за проводимост.

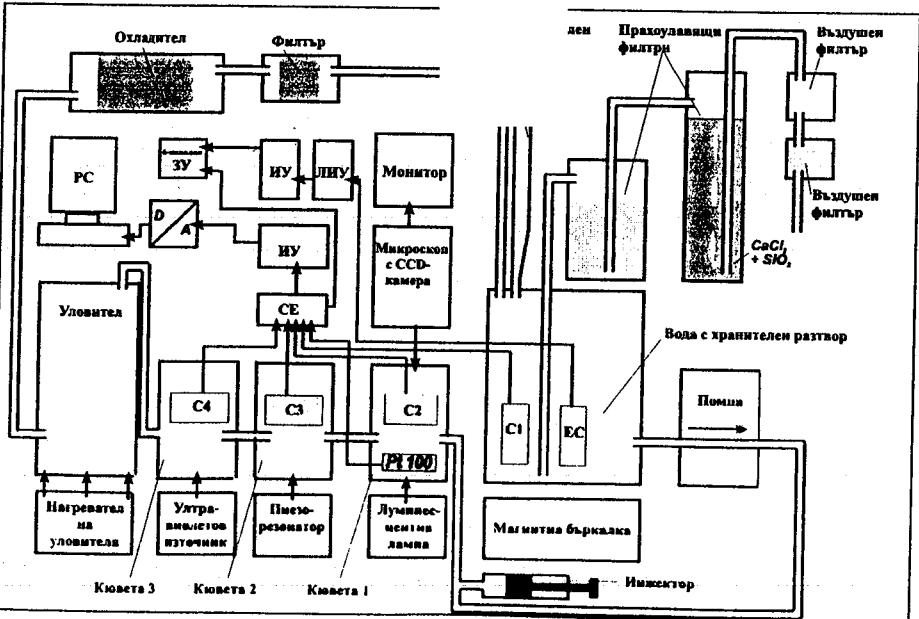
Електрически параметри	Сензор		CLFF-01	CLFF-02	CLFF-03	CLFF-04
Капацитет спрямо субстрата	Force	C_F , pF	38,7	38,7	38,7	84,2
	Sense	C_S , pF	3,9	3,9	3,9	18,5
Съпротивление на пистите	Force	R_F , Ω	77	77	77	95
	Sense	R_S , Ω	250	250	250	650
Капацитет на кабела	Сигнал/GND	C_G , pF	12	12	12	12



Фиг. 2. Предавателни характеристики на микросензора CLFF-01 (стимулиране - 20 V_{SS}).

ОПИТНА ПОСТАНОВКА

В опитната постановка (фиг. 3) при изследванията са включвани по 4 еднопипни сензора. С непрекъснатата циркулация на средата, в която се осъществява измерването, се осигурява постоянна стойност за измерваната в случая величина — проводимостта.



Фиг. 3. Опитна постановка: C1, C2, C3 и C4 - изследвани сензори; Pt100 - температурен сензор; RS - сравнителен сензор; ИУ - измервателен усилвател; CE - сензорна електроника с функционален генератор; ЗУ - 6-канално записващо устройство.

За стимулиране на сензора се използва прецизен функционален генератор. Амплитудата на изходния сигнала се настройва от 2 до 25 V_{SS} , а честотата - от 1 kHz до 500 kHz. Изследванията са проведени при стимулиране на сензора със синусоидален сигнал с амплитуда до 20 V_{SS} . За стимулиращия сигнал е важно да няма постояннотокова съставка, защото наличието ѝ води до разрушаване на сензорните електроди.

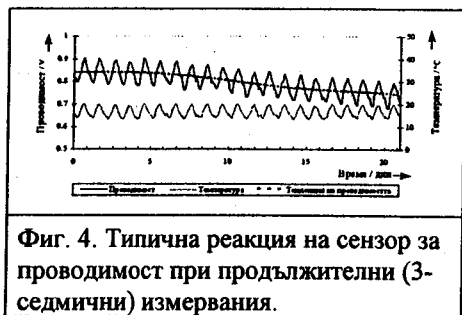
За снемане на изходния сигнал на сензора е използван инструментален усилвател (INA 114). Информационният параметър е амплитудата на сигнала, която се измерва с прецизен върхов детектор. Отместването на фазата е незначително и не се отчита. На изхода на детектора се получава сигнал с нива от 0 до 4 V, пропорционален на проводимостта на изследваната среда, за по-нататъшна обработка с аналогово-цифров преобразувател.

Синхронно с измерването на проводимостта се следи и температурата със сензор Pt100. За контрол на проводимостта на изследваната среда се използва конвенционална измервателна сонда Pt[Pt] с три клемна конфигурация. За предотвратяване на смущаващото въздействие при измерване с тази сонда тя е разделена галванично. Многоканалното снемане на сигналите позволява синхронното сравняване на сензорните реакции при измерване в различни среди. Използването на различни методи за измерване на проводимостта и следенето на допълнителни параметри дава възможност за ефикасно елиминиране на смущаващите въздействия. Основен проблем при това са различните качествени параметри на сигналите.

При конкретната опитна постановка е от значение не толкова постигането на висока точност при измерване проводимостта на дадена среда, а запазването на устойчивостта на показанията при измерване в среда с постоянна проводимост. При това от основно значение е и линейността на измервателното устройство в честотния обхват до 500 kHz. Ето защо, при оразмеряване на конкретната измервателна схема, не са предприети допълнителни мерки за отстраняване на грешки от отместване на нулата и за точна калибровка. Апаратурата е пригодена за полуавтоматичен режим на работа, като данните от измерването се съхраняват на твърд диск.

РЕЗУЛТАТИ

На фиг. 4. е представена типична реакция на сензор за проводимост (CLFF-01) при продължителни (3-седмични) измервания. Микросензорът е бил изложен в среда с проводимост от 500 μS , която е поддържана постоянна през цялото време на опита. Стимулиращият сигнал е бил с амплитуда 20 V_{SS} и честота 20 kHz. Синхронното измерване на температурата се налага от високата стойност на температурния коефициент на сензора (1,5 - 2 %/K). След отстраняване на температурната зависимост може да се установи ясна тенденция за понижаване нивата на сензорните реакции.



Фиг. 4. Типична реакция на сензор за проводимост при продължителни (3-седмични) измервания.

- след 2 дни вече може да се установи понижаване на сензорните реакции от порядъка на 1 до 2 %;
- след 2 седмици понижаването е вече около 10 %, след което се забелязва забавяне на понижаването, но тенденцията се запазва.
- различната геометрия на електродите на сензорите от фамилията оказва минимално влияние.

Наред с възможните изменения на измерваната среда, дрейфът на параметрите на сензора за проводимост се дължи и на комплексни причини, които се проявяват последователно във времето: физико-химични процеси върху активната повърхност; макромолекуларни фактори (напр. хумусни вещества); адхезия на неорганични частици; образуване на биофилм поради обрастване с микроорганизми (бактерии, водорасли и др.).

ОБОБЩЕНИЕ И БЪДЕЩИ НАСОКИ ЗА РАБОТА

Измервателната техника за измерване на околната среда включва в общ аспект не само измерването на отделни параметри на състоянието на естествени среди, повлияни в различна степен от дейността на хората, но и методи за мониторинг на големи по обем комплекси, които може да се разглеждат и в смисъла на управление на процеси.

От голямото многообразие от измервателни задачи може да се изведе един комплекс от изисквания към необходимото съоръжаване с измервателни уреди и устройства. Най-общо може да се установи, че измерванията с екологична насоченост могат само тогава да се разглеждат като достоверни и релевантни, когато данните се снимат от области с възможно най-големи размери, при достатъчна локална разделителна способност, в продължителен интервал време, on-line и in-situ. На тези основни изисквания се противопоставят високите разходи за вземане на проби и поддръжката на специални лаборатории. Инсталирането на достатъчен брой измервателни станции с класически инструментариум изисква наред с това и изключително високи разходи за поддръжка.

Чрез създадените с микротехнологии сензорни модули се изискват значително по-малки инвестиции за осъществяването на широко обхванет мониторинг. Наред с това, съвместимата с електронните модули конструкция и разнообразните възможности за преобразуване на сигнали, дават възможност за ефективна замяна на базираните на вземане на проби in-vitro методи. Минималната консумация на енергия и особено размерите на Микросензорът,

които позволяват следене на параметри и в среди с минимални размери, също са преимущества.

Голямата чувствителност на микросензорите по отношение на замърсявания са най-сериозният аргумент за сега срещу използването им за измерване на параметри на околната среда, но на това може да се противопостави възможността за интегриране с компоненти за активно самопочистване. Представените изследвания на взаимодействия между сензорни структури и околна среда са предпоставка за конкретни реализации в областта на интегрирането на микросензори с активни самопочистващи компоненти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gale, W.F. Ultrasonic removal of epilithic algae in a bar clamp sampler. *J. Phycol.* 11, 1975, 472-473.
2. "Jena-sensoric" (Abstrakt z. 6./7. Workshop "Mikrotechniken und Mikrosensoren für Umwelt, Biologie und Medizin").
3. Hauptman, P.: Sensoren - Prinzipien und Anwendungen. Hanser Verlag, München, Wien, 1990.
4. M.B. Marinov, A. Operti, T. Philipp, C. Schilling: Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Mikrosensoren für die Umweltüberwachung. 41. IWK, Ilmenau, 1996, 170-176.
5. Schilling, C et al.: Klein aber komplex: Der Beitrag bionischer Forschung für die Mikrosystemtechnik. BIONA-report 9. 2. Kongr. d. Techn. Biologie u. Bionik 1994 (Ed. W. Nachtigall), Fischer Verlag, Jena 1995, S. 51-64.
6. Schmidt, R., F. Scheller (Ed.): Biosensors - Application in Medicine, Environmental Protection and Process Control. CBF-Monographs Vol. 13; VCH Verlag, Weinheim 1989.
7. Schmidt, R.: Werkstoffverhalten in biologischen Systemen. VDI Verlag, Düsseldorf, 1994.
8. Wurmus, H. et al.: Die Komplexität biologischer Systeme - eine Herausforderung für die Mikrosystemtechnik. 38. IWK d. TU Ilmenau, 1993, S. 316-328.
9. CiS Institut für Mikrosensorik - Erfurt: Leitfähigkeitsfühler CLFF. Datenblatt, 1996.