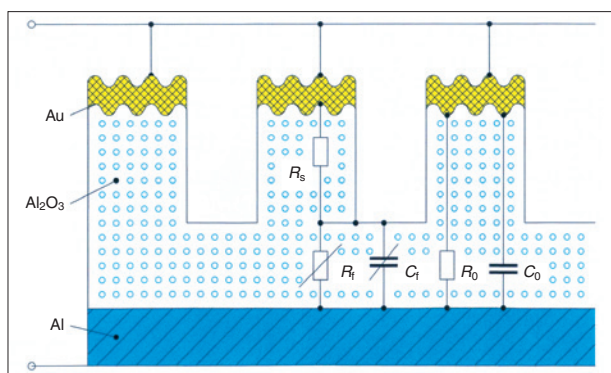


# Vývoj oxidových senzorů vlhkosti

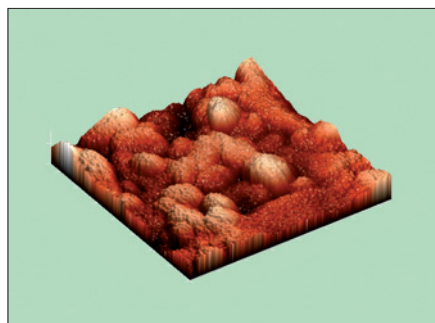
V oboru vývoje senzorů vlhkosti na bázi oxidových dielektrik jsou v současné době zlepšovány jejich vlastnosti. Jejich technický vývoj se ubírá směrem ke zvýšení tepelné a chemické odolnosti. Současně se zkracuje doba odezvy, tj. zrychlují se sorpce a desorpce, a rovněž se zvyšuje citlivost.

## Struktura senzoru vlhkosti s oxidovým dielektrikem

Úplně nejstarší konstrukcí byl, a u některých výrobců stále je, obdélníkový hliníkový plíšek nebo hliníkový drát kruhového průřezu, který byl přímo anodicky oxidován. Potom



Obr. 1. Schematické znázornění vrstev senzoru vlhkosti s jednovrstvým oxidovým dielektrikem



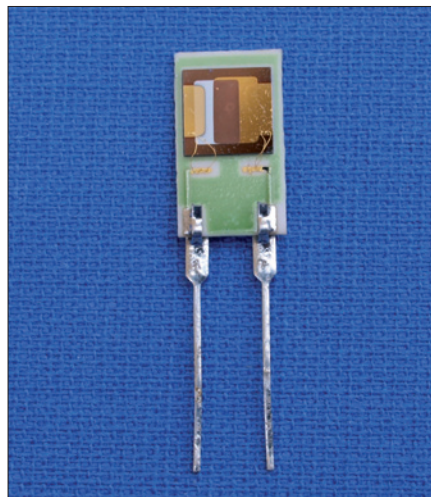
Obr. 2. Povrch dvouvrstvého dielektrika  $Ta_2O_5 + Al_2O_3$

následovala depozice zlaté elektrody, která je prostupná pro molekuly vodní páry. Dříve se používala i tenká křemíková deska o průměru 2 nebo 3". Nyní je v technické praxi jako nosný substrát jednotlivých vrstev senzoru převážně využívána jemnozrnná korundová keramika v podobě tenké desky o hraně 2 až 4".

Na desku korundové keramiky se nanese základní hliníková vrstva a vytvoří se kontaktní systém spodní elektrody. Následně se oxidací základní vrstvy vytvoří dielektrická vrstva a potom se na takto vytvořené dielektrikum napaří propustná vrstva zlata, která vytvoří druhou elektrodu vlhkoměrného senzoru. Po připojení vývodů vznikne vlhkoměrný kondenzátor – senzor s obdívuhodnými vlastnostmi.

Díky velkému rozdílu mezi relativní permitivitou vlastního dielektrika a relativní permitivitou vodní páry je změna kapacity takto vytvořeného systému závislá pouze na koncentraci vodní páry v bezprostředním okolí senzoru, a to nezávisle na druhu plynu, který vodní páru obsahuje. Na obr. 1 je znázorněno schematické uspořádání vrstev takto vytvořeného senzoru vlhkosti s oxidovým jednovrstvým dielektrikem.

Po stránce náhradního elektrického schématu jde o paralelní spojení základního kondenzátoru  $C_0$  s konstantní kapacitou (kapacita při nulové koncentraci vodní páry v dielektriku) a proměnného kondenzátoru  $C_f$  s kapacitou závislou na koncentraci

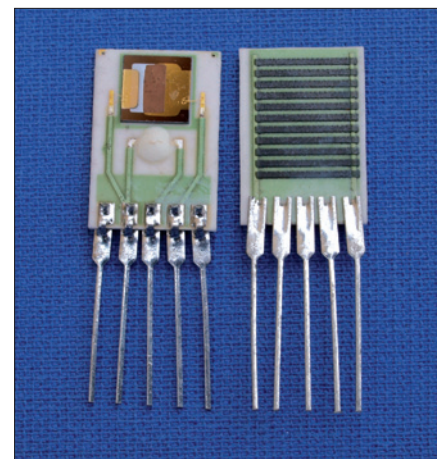


Obr. 3. První generace senzorů vlhkosti s oxidovým dielektrikem výroby ČKD Polovodiče (čip vytvořený na křemíkové destičce je přitmělen a kontaktován na korundovou podložku)

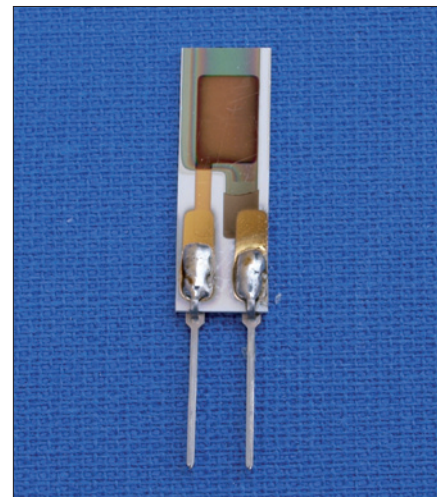
vodní páry v dielektriku. To vše ještě doplněno sériovými rezistory  $R_s$  s malým odporem a paralelními svodovými rezistory – konstantním  $R_0$  a proměnným  $R_f$  s velkým odporem. Toto uspořádání je třeba si představit v trojrozměrném modelu dané skutečnosti.

Reálně tedy jde o měřicí systém s proměnnou impedancí závislou na koncentraci vodní páry a na frekvenci napájení.

Při extrémně tenkém dielektriku se v takové struktuře vyskytne při jejím napájení střídavým napětím (harmonickým nebo neharmonickým) velmi vysoká intenzita elek-



Obr. 4. Druhá generace senzorů vlhkosti s oxidovým dielektrikem výroby ČKD Polovodiče (čip vytvořený na křemíkové destičce je přitmělen a kontaktován na korundovou podložku nesoucí na lícni straně čip PN přechodu ve funkci senzoru teploty a na rubové straně tlustovrstvý vyhřívací rezistor)



Obr. 5. Současná generace senzorů vlhkosti s oxidovým dielektrikem (vyráběné technologií tenkých vrstev na korundové podložce)

trického pole. Následkem je poměrně malá elektrická pevnost senzorů s jednovrstvým dielektrikem (přibližně 10 V).

## Dvouvrstvá struktura senzoru

Pro zvýšení elektrické pevnosti lze využít vrstvené dielektrikum. Vyrábí se tak, že se do základu přidá ještě jedna vrstva oxidu. Tím

v principu vznikne sériové spojení dvou kondenzátorů. Výsledná kapacita klesne, vzroste svodový odpor celku, a tak i elektrická pevnost. Dosahováno je hodnoty přibližně 20 až 30 V.

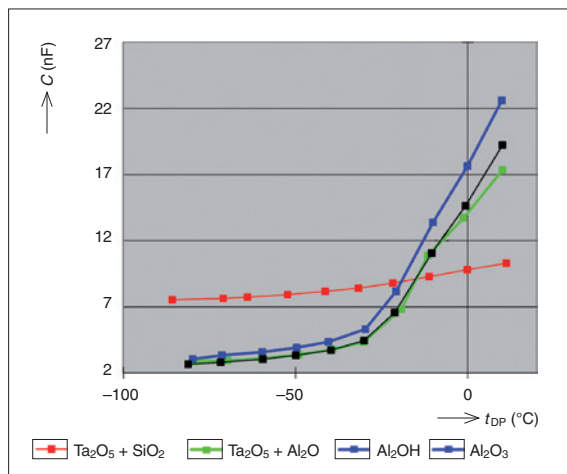
První dielektrikum je více méně nenavlhavé a vytvoří kondenzátor o konstantní kapacitě. Druhé dielektrikum svou proměnnou relativní permitivitou zajišťuje očekávanou funkci senzoru.

Na obr. 2 je ilustrativní snímek povrchu dvouvrstvého dielektrika Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ještě před technologickou operací depozice propustné zlaté vrstvy druhé elektrody senzoru vlhkosti.

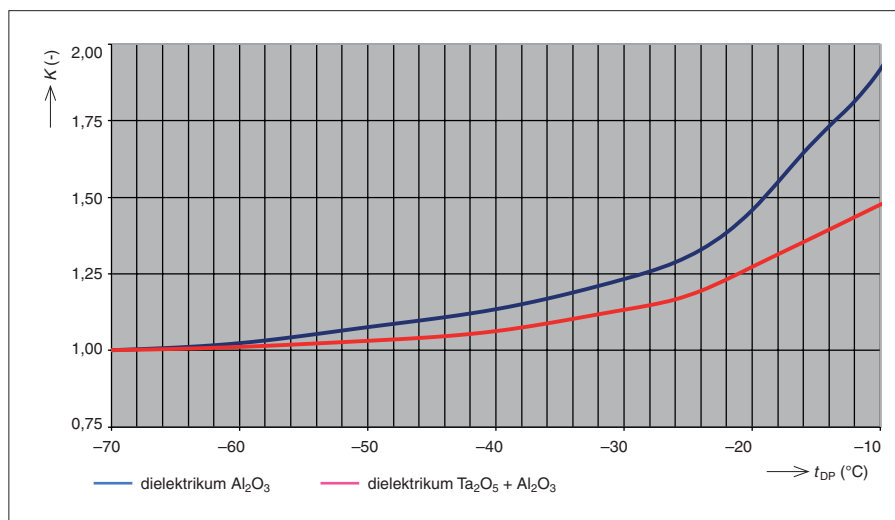
### Okénko do české historie vývoje senzorů vlhkosti

V Československu byly hygrometrické senzory Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Au typu metal-oxid-metal vyvíjeny koncem 70. let

s čipem vytvořeným na křemíkové destičce. Nevýhodou těchto senzorů s typovým označením HS 2AI byla nižší základní kapacita, ale měly již rychlou odezvu (sorpcce a desorpce vodní páry) při měření suchých plynů.



Obr. 6. Typické charakteristiky senzorů vlhkosti s různými oxidovými dielektriky



Obr. 7. Porovnání normované citlivosti senzorů vlhkosti K vztažené k teplotě rosného bodu  $t_{DP} = -70\text{ °C}$  s jednovrstvým a dvouvrstvým dielektrikem

minulého století a tento typ senzorů se začal vyrábět v Tesle Třinec pod označením KA 1165.

Uvedené senzory však měly nevýhodu v příliš dlouhé době desorpce při měření vlhkosti pod teplotou bodu ojínění  $-20\text{ °C}$ .

Na počátku roku 1991 byly firmou ČKD Polovodiče pro konstrukci senzoru vlhkosti převzaty výsledky základního výzkumu MFF UK v Praze týkající se technologie vytvoření navlhavého dielektrika Al<sub>2</sub>OH. Výzkumně-vývojová základna ČKD Polovodiče měla všechny možnosti pro zvládnutí potřebných technologických operací, a to včetně kritické operace napařování vrstvy zlata, propustné pro molekuly vodní páry. Na obr. 3 je fotografie první generace senzorů vlhkosti ČKD Polovodiče

Další vylepšení tohoto typu představovala následná hybridizace vlhkoměrného čipu se senzorem teploty a vyhřívacím rezistorem vytvořeným na rubové straně nosného keramického substrátu. Technologie hybridizace byla vyvinuta ve firmě HIO Jelen.

Toto konstrukční uspořádání ukazuje obr. 4. Jde o fotografii druhé generace senzorů s typovým označením HS 5AI. Uvedeným uspořádáním a regulací teploty vlhkoměrného čipu bylo možné vykompenzovat teplotní součinitel jeho dielektrické vrstvy, který převodní charakteristiku naklání a zplošťuje.

Tato konstrukce se používala až do konce roku 1996, kdy následoval další technický vývoj senzorů a návazné mikroprocesorové elektroniky měřicí sondy.

- Řešíte problematiku měření a regulace vlhkosti v technologických procesech?
- Máte problémy s kalibrací svých měřicích přístrojů pro měření vlhkosti?

**Odbornou pomoc Vám nabízí vývojově-výrobní společnost:**



**Dodáme vám následující prvky sensorového systému HUMISTAR se zajištěním jejich odborného servisu a kalibrace:**

- Měřicí sondy rel. vlhkosti a teploty nebo rosného bodu a teploty s frekvenčním výstupem v provedení atmosférickém, tlakovém a pro HVAC.
- Inteligentní převodníky vlhkosti a teploty řady A, H a S v kabelovém, nástěnném a kanálovém provedení. Aktivní výstupy 0/4...20 mA a 0...5/10 V s galvanickým oddělením signálů od napájení 9 až 40 V DC. Alternativní napájení 230 V AC nebo 24 V AC.
- Laboratorní a provozní hygrometry s rozsahy  $-80$  až  $+20\text{ °C DP}$  nebo  $-40$  až  $+60\text{ °C DP}$ . Aktivní výstupy 0/4...20 mA nebo 0...10 V. Datová komunikace.
- Laboratorní a provozní analyzátoři vlhkosti s rozsahem  $-100$  až  $+20\text{ °C DP}$  a 0 až 1 000 ppmV.
- Přístroje pro měření vlhkosti a teploty plynů pro Ex prostředí.
- Měřicí skříně vlhkosti suchých a ultrasuchých technických plynů.
- Měřicí skříně vlhkosti horkých a vlhkých plynů.
- Aplikáční příslušenství.



**SENSORIKA s. r. o.**  
měřicí a regulační systémy  
V Zátíší 74/4  
147 00 Praha 4 – Hodkovičky  
tel./fax: 241 727 122  
GSM brána: 605 239 594  
e-mail: sensorika@volny.cz  
http://www.sensorika.cz

## Vlastnosti oxidových senzorů vlhkosti

Vlastnosti senzoru vlhkosti závisí především na druhu jeho oxidového dielektrika či dielektrik. Typické převodní charakteristiky senzorů vlhkosti s oxidovými dielektriky jsou přehledně znázorněny na obr. 6.

Jednotlivá oxidová dielektrika poskytují senzoru kromě různé citlivosti a rychlosti odezvy i různé teplotní závislosti. Současnou generaci tenkovrstvého senzoru vlhkosti s oxidovými dielektriky představuje obr. 5. Jelikož je jeho aktivní dielektrická vrstva velmi tenká a pórovitá, dosahuje senzor této konstrukce rychlé odezvy na jednotkový skok generované vlhkosti.

Jsou-li známy typické teplotní závislosti daného senzoru, je možné současným měřením teploty čipu v programu návazné mikroprocesorové elektroniky potlačit vliv teplotního součinitele čipu v celém rozsahu pracovních teplot. Výsledkem tohoto řešení, které používá firma Sensorika, je zachování přesnosti měření získané kalibrací vlastní měřicí sondy v kalibrátoru při teplotě +21 °C i pro širší obor pracovních teplot.

V neposlední řadě je možné využít vlastnosti dielektrik ke konstrukci různých citlivých senzorů vlhkosti pro úlohy, jako je např. měření vlhkosti ultrasuchých plynů či plynů vlhkých a teplých.

Příklad vlivu druhu dielektrika na převodní charakteristiku senzoru vlhkosti ukazují graf na obr. 7.

Obecně platí, že jednovrstvé dielektrikum zajišťuje větší citlivost a rychlost odezvy v oboru měření vlhkosti suchých až ultrasuchých plynů a dielektrikum dvouvrstvé zabezpečuje funkci senzoru v oboru vyšších vlhkostí.

## Závěr

V předešlém textu byl načrtnut minulý i současný stav vývoje konstrukce senzorů vlhkosti s dielektriky na bázi oxidů kovů. Je zřejmé, že jejich technický vývoj není zdaleka uzavřen.

Lze očekávat, že dalším vývojem tenkých vrstev a za pomoci přesnějších kalibračních metod bude možné dosáhnout měření ještě menších hodnot koncentrace vodní páry. Již nyní je možné dosáhnout přesného měření koncentrace vodní páry v měřeném plynu v úrovni 0,1 ppmv.

## Literatura:

- [1] KLASNA, M.: *Měření stopové vlhkosti plynů – 1. část*. Automa, 2006, č. 3.
- [2] KLASNA, M.: *Měření stopové vlhkosti plynů – 2. část*. Automa, 2006, č. 4.

- [3] KLASNA, M.: *Technika měření vlhkosti plynů – měření v prostředí s nebezpečím výbuchu*. Automa, 2007, č. 3.
- [4] KLASNA, M.: *Měření vlhkosti plynů v extrémních podmínkách – 1. část*. Automa, 2007, č. 12.
- [5] KLASNA, M.: *Měření vlhkosti plynů v extrémních podmínkách – 2. část*. Automa, 2008, č. 3.
- [6] KLASNA, M.: *Měření vlhkosti stlačeného vzduchu*. Automa, 2008, č. 11.
- [7] KLASNA, M. – BLAŽEK, J.: *Teplotní součinitel při měření relativní vlhkosti plynů*. Automa, 2009, č. 3.
- [8] KLASNA, M. – BUREŠ, J.: *Experimentální porovnání metod měření vlhkosti medicínských plynů*. Automa, 2010, č. 8-9.
- [9] KLASNA, M. – LÁZNIČKA, P.: *Příklady úloh měření vlhkosti plynů (část 1)*. Automa, 2011, č. 10.
- [10] KLASNA, M. – LÁZNIČKA, P.: *Příklady úloh měření vlhkosti plynů (část 2)*. Automa, 2012, č. 1.
- [11] KLASNA, M. – LÁZNIČKA, P.: *Příklady úloh měření vlhkosti plynů (část 3)*. Automa 2012, č. 12.

Ing. Miloš Klasna, CSc.,  
Ing. Josef Bureš,  
SENSORIKA, s. r. o.

## ► Druhé výročí ve východní Evropě: trvalý růst a rozvoj společnosti RS Components

Před dvěma lety začala společnost RS Components podnikat ve střední a východní Evropě a rychle se zvětšující počet spokojených zákazníků zajistil prudký růst tohoto distributora v Polsku, České republice a v Maďarsku.

Druhý rok podnikání byl pro společnost RS Components stejně úspěšný jako první. Více než 11 000 aktivních zákazníků těží z nabídky 550 000 okamžitě dodávaných produktů předních značek. Průměrná hodnota objednávky je podobná jako na ostatních trzích, kde firma působí, a pohybuje se okolo 200 eur. Pro trh, na kterém společnost RS Components začala podnikat teprve nedávno, je toto číslo velmi uspokojivé a svědčí o tom, že firma zde plní požadavky svých zákazníků.

Zákazníci v Polsku, České republice a v Maďarsku zejména oceňují skladovou dostupnost elektronických produktů a produktů pro automatizaci a údržbu, kterou lze ověřit na webu RS Components, a jejich spolehlivé dodání. Tímto způsobem společnost RS Components nabízí zákazníkům možnost objednat vzorek, který následující den obdrží. Distributor tak podporuje zákazníky v jejich potřebě dodávek kusových sérií pro návrhy a prototypy zařízení i malých zakázek pod úrovní běžných minimálních objednávek vý-

robců. Elektronika se ve východní Evropě na celkových trzích společnosti podílí více než 50 %. Tato hodnota je vyšší než na většině trhů, na kterých společnost RS Components působí. Navíc společnost poskytuje on-line zdroje, jako je vývojové prostředí Design-Spark PCB, které pomáhají konstruktérům zjednodušit a zrychlit proces vývoje.

Společnost RS Components patří k předním světovým distributorům pro malé a střední odběratele v oborech elektroniky a automatizace. Od ledna 2011 jsou v provozu plně funkční webové stránky RS Components pro Polsko, Českou republiku a Maďarsko, které uvádějí ceny v místních měnách a nabízejí více než 550 000 produktů pro elektroniku a údržbu s odesláním v den objednání. Objednávky jsou zpracovávány ve skladu společnosti v německém Bad Hersfeldu, odkud jsou distribuovány prostřednictvím evropské sítě distribučních středisek. Obchodování podporuje regionální multikanálový marketingový tým, který zde zajišťuje stejnou nabídku rychlých, spolehlivých a vysoce kvalitních služeb, jaké společnost RS Components poskytuje na ostatních zavedených trzích po celé Evropě. (ed)

## ► MES Centrum úspěšně odstartovalo

Dne 24. ledna se v Praze na ČVUT konala zahajovací schůzka nově vznikajícího sdru-

žení MES Centrum. Schůzky se zúčastnili také zástupci MESA Europe a MES Centrum Rusko, které budou s nově vznikajícím českým sdružením spolupracovat. Na základě ohlasů účastníků lze schůzku hodnotit velmi pozitivně – MES Centrum podle jejich hodnocení přišlo ve správnou chvíli a se správným programem.

Předseda sdružení Leoš Hons shrnuje nejdůležitější plánované aktivity pro tento rok:

- příprava minimálně dvou odborných seminářů,
- organizace konference,
- příprava odborného školení pro koncové zákazníky,
- rozvinutí informačního portálu sdružení MES Centrum,
- spolupráce s akademickými pracovišti.

Sdružení MES Centrum uvítá ve svých řadách další členy, ať firmy, či jednotlivce, zejména takové, které sdružení pomohou s naplněním jeho ambiciózního programu. Členové sdružení MES Centrum získají ze spojení se skupinou profesionálů působící v oblasti výrobních informačních systémů jedinečnou konkurenční výhodu a možnost aktivně se podílet na vytváření programu sdružení.

Bližší informace o sdružení MES Centrum a o možnostech členství najdou zájemci na [www.mescentrum.cz](http://www.mescentrum.cz). Časopis Automa je mediálním partnerem sdružení. (ed)