

Rozvojový projekt MŠMT na rok 2010

“ Návrh a realizace mikrochemických zařízení a jejich využití v laboratorní výuce, modernizace metody na měření preferenčních sorpci složek binárních kapalných směsí v polymerních membránách “

Příloha 1:

„Návrh a realizace univerzálního propojovacího přípravku pro testování odporových vrstev a čidel stejnosměrným napětím 0 až 1100 V a proudem 0 až 1A (do 20 W)

Ing. Josef Náhlík, CSc.

Úvod

Měření rezistivity výchozích materiálů a elektrického odporu čidel jako základní součásti velké množiny odporových senzorů neelektrických veličin je nesporně základní diagnostickou technikou a je žádoucí, aby tato technika pronikla do výuky v co nejširším rozsahu.

Je třeba, aby student uměl metodiku vhodnou pro daný typ materiálu nebo čidla nejen efektivně realizovat, ale také naměřené hodnoty správně interpretovat. Správně interpretovat lze ovšem jen správně naměřená data. Velmi často je v této souvislosti přeceňována vysoká rozlišovací schopnost a polyfunkčnost dostupné univerzální měřicí techniky. Tu ale výrobce garantuje zpravidla pouze na vstupních svorkách dodaného přístroje, nikoliv v systému, do kterého uživatel přístroj zapojí. Neprofesionální sestavení měřicího systému studentem pak může špičkové vlastnosti drahého přístroje zcela degradovat. Stává se, že jsou odečítány údaje na mnoho cifer, i když se údaj jinak špičkového přístroje diametrálně (i řádově) liší od správné hodnoty.

Klademe-li důraz na správnou interpretaci dat, je třeba studentovi s pořízením seriózních dat pomoci. Aktuální snahou spolupracujícího týmu ústavů 444 a 126 je řešit tento problém postupně konstrukcí propojovacích přípravků tak, aby kritické aspekty realizace metody z univerzální měřicí techniky řešil přípravek, nikoliv student. Přípravek tedy řeší metodicky správné propojení testovaného vzorku a přístrojů. Efektivnímu pořízení potřebných dat pak může napomoci automatizace měření a základního vyhodnocení počítačem.

Univerzální měřicí technika byla pořízena v rámci modernizace výuky v Laboratoři elektrifikální diagnostiky materiálů na Ústavu 126 při společném řešení projektu FRVŠ Aa 551/2009. Konstrukce nového přípravku pro testování materiálů a čidel s odporem v rozsahu 10^{-1} až $10^9 \Omega$ je jen logickým vyústěním výše uvedeného záměru.

Cíl řešení

Cílem je návrh a realizace univerzálního propojovacího přípravku pro automatizovatelné základní testování odporových vrstev a čidel stejnosměrným napětím v rozsahu 0 až 1100 V a proudem v rozsahu 0 až 1 A s maximální výkonovou zátěží 20 W. Odpor na čtverec či celkový odpor čidla se předpokládá v rozsahu 10^{-1} až $10^9 \Omega$.

V průběhu řešení byly formulovány zpřesňující požadavky:

1. Přípravek koncipovat tak, aby jeho použití ve výuce (po sestavení měřicího systému) bylo i při použitím maximálním napětí 1100 V bezpečné při práci pod dozorem. Pracoviště bude spínáno jako celek dálkově pedagogem až po jeho správném sestavení tak, aby přímý kontakt studenta s kontaktním systémem pod napětím nebyl jednoduše možný. Pedagog musí mít i

- operativní možnost pracoviště jako celek dálkově vypnout, pokud by se zvědavý student o zakázané operace pod napětím i přesto pokusil.
2. Konstrukce přípravku (případně sestava přípravků) musí umožňovat vzájemné propojení napájecího zdroje Keithley 2410, multimetru Keithley 2002, a spínacího rámu Keithley 7001 s kartou 7053 s triaxiálním připojením.
 3. S ohledem na bod 2 (zejména na kartu 7053) je třeba konstrukčně zajistit možnost jednotného standardního triaxiálního připojení jak vzorku samotného, tak přístrojů. Součástí propojovacího systému tedy musí být dvě speciální redukce triaxiálního připojení karty a dvousvorkového připojení přístrojů.
 4. Izolační vlastnosti přípravku upravit i s ohledem na měření relativně vysokých odporů a přitom zachovat modularitu připojení různých vzorků.
 5. Přípravek vybavit modulem pro testování vysokoohmových vrstev na skleněné podložce o rozměrech 18 x 18 mm, používané při výuce a přitom se zaměřit zejména na metodu van der Pauw (dále jen VDP), vhodnou pro testování vrstev.
 6. Mechanickou konstrukci přípravku a připojovacího modulu uzpůsobit tak, aby bylo možno kontaktovaný vzorek současně umístit do termostatu Isotech Venus 2410S, jehož pořízení a zprovoznění bylo předmětem řešení Rozvojového podprojektu v roce 2009. Pro pochopení fyzikální podstaty specifických projevů ultratenkých vrstev má testování teplotních závislostí často kruciólní význam.

Zvolená koncepce řešení:

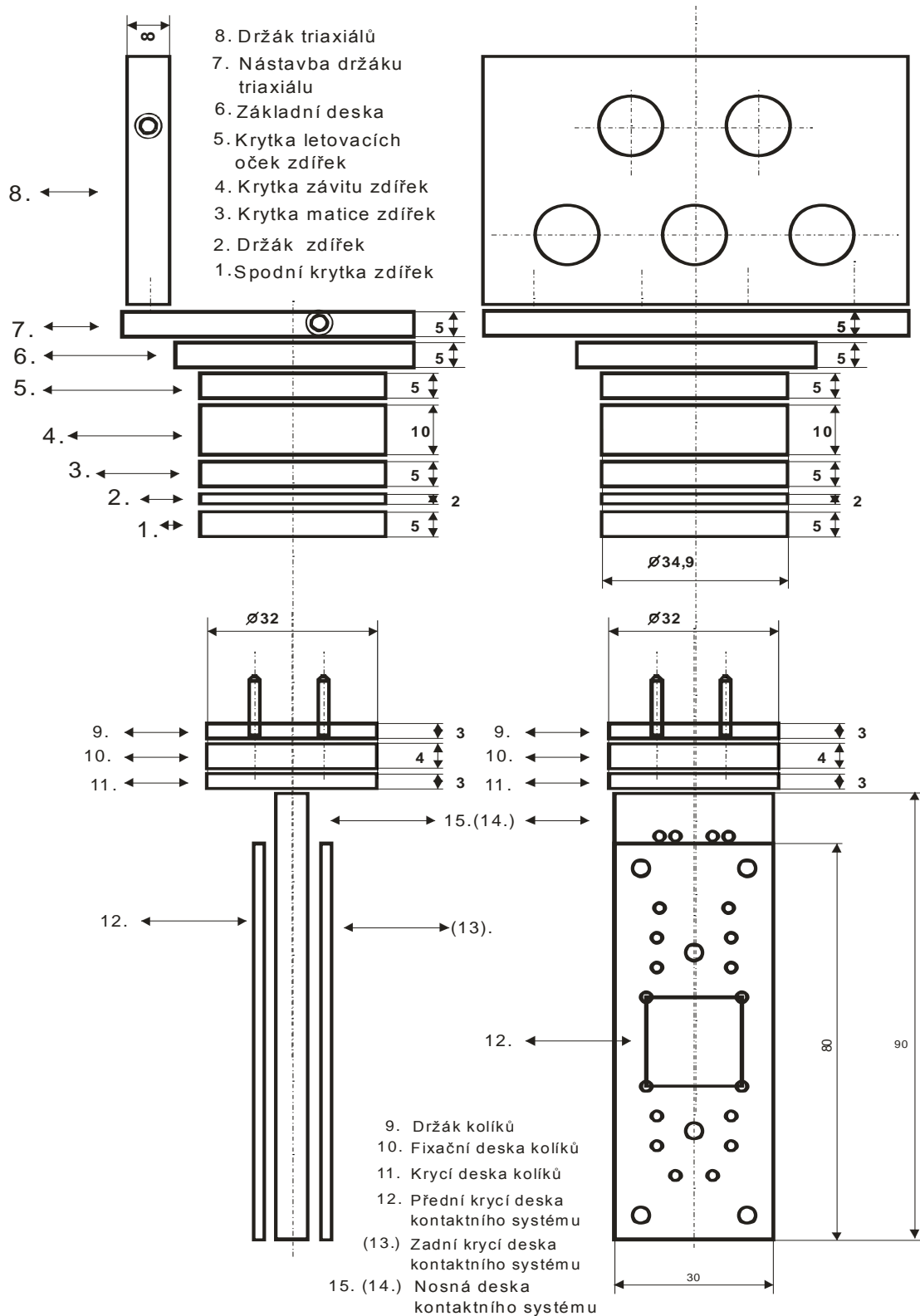
S ohledem na horní hranici předpokládaných měřených odporů a dostupnou techniku lze odpory $10^9 \Omega$ měřit metodou VDP s přesností pod 10% (svod svorek LO uvedených přístrojů proti kostře je větší než $10^{10} \Omega$). Použitý materiál a koncepce připojení nesmí tedy tuto situaci zhoršovat. Proto je základním konstrukčním materiálem teflon s rezistivitou řádu $10^{18} \Omega\text{m}$.

Ke spojení propojovacího přípravku a výměnného modulu nelze s ohledem na mezisvorkový svod použít běžné konektory typu slot. Mají svodový odpor nejvýše řádu $10^8 \Omega$. Je třeba konektor zkonstruovat a k izolaci mezi svorkami použít opět teflon jak na straně výměnného modulu, tak na straně připojení k měřicímu systému. Přitom je třeba v maximální možné míře používat komerčně dostupných kvalitních dílů typu „minisvorka“, „minibanánek“ a pod..

Adaptéry k triaxiálnímu připojení přístrojů s dvouzdičkovými vstupy nesmí nezanedbatelně zhoršovat svod mezi svorkou LO a kostrou přístrojů. Základním izolačním materiálem je proto opět teflon.

Postup řešení:

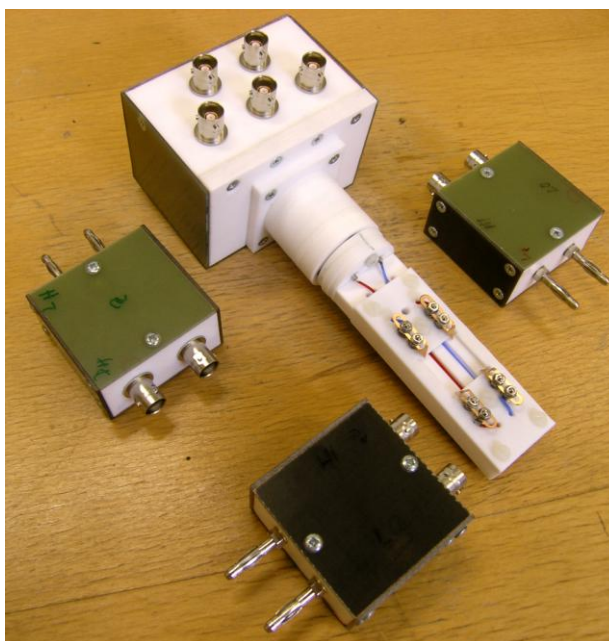
1. Byla navržena koncepce a zpracována detailní výrobní výkresová dokumentace všech dílů potřebných přípravků. Dokumentace je dostupná k nahlédnutí u řešitele podprojektu. Schematický náčrt sestavy hlavního přípravku je na obr. 1.
2. Jednotlivé díly byly následně vyrobeny částečně na Ústavu 126 (**p. Vladimír Lískovec**) a částečně na ústavu 444 (**p. Ing. Miroslav Klevar**).



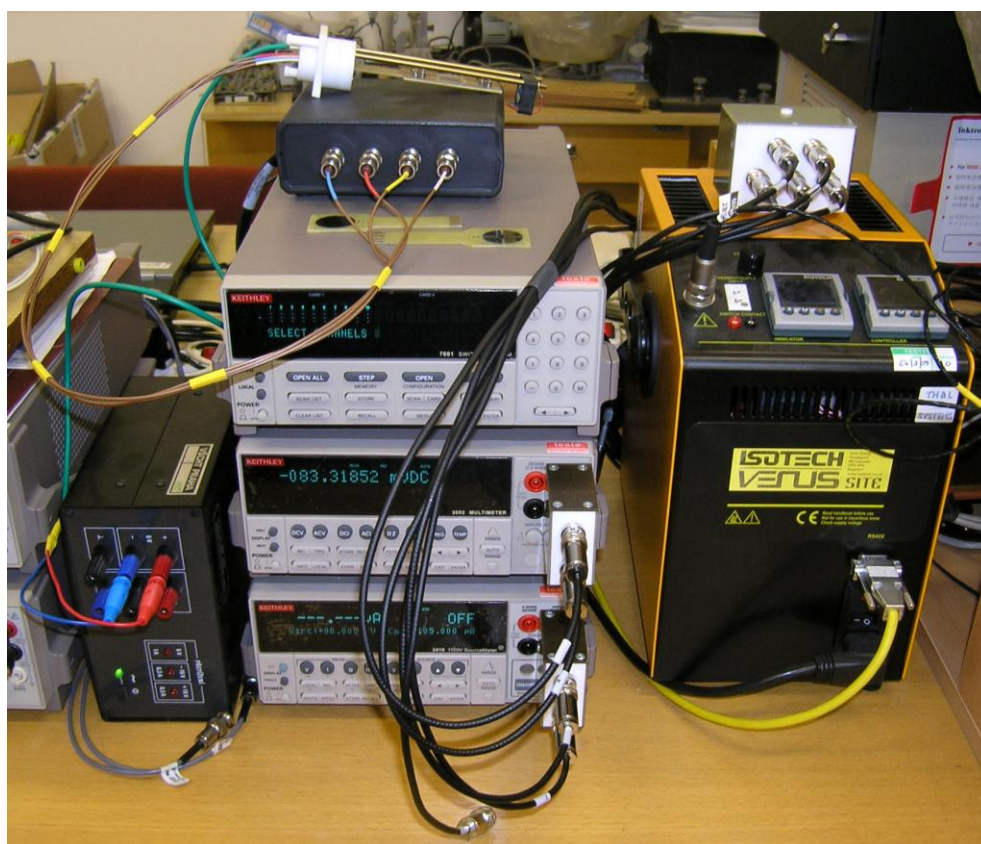
Obr. 1. Náčrt sestavy přípravku pro triaxiální připojení vysoko-ohmových vrstev a senzorů

3. Přípravky pak byly autorem sestaveny a oživeny (realizováno jejich vnitřní elektrické propojení). V této souvislosti autor vyslovuje poděkování a uznání

pracovníkům dle bodu 2. Přesná výroba a konstruktivní spolupráce při výrobě i montáži proces sestavování a oživení velmi usnadnily. Foto sestavy realizovaných přípravků je na obr. 2.

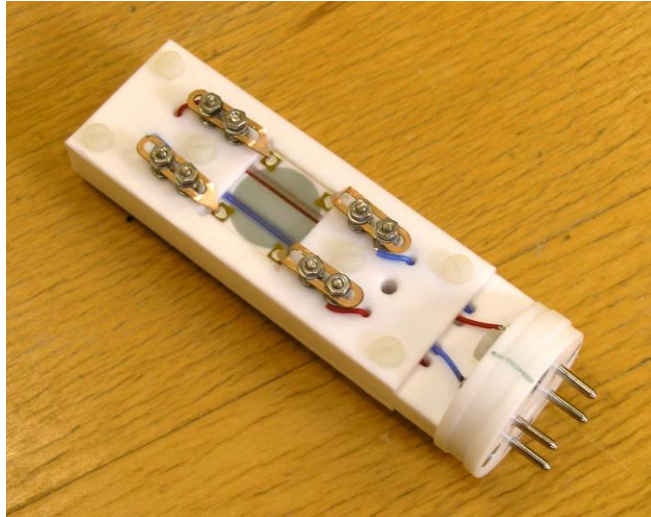


Obr. 2. Sestava přípravků pro triaxiální propojení přístrojů a vzorku



Obr. 3. Sestavený měřicí systém

4. Poté byl s využitím přípravků a deklarovaných přístrojů vytvořen měřicí systém a prověřena jeho základní funkce na ultratenkých vrstvách Au na skleněném podkladu.
5. Foto sestaveného systému je na obr. 3. Detail měřicího modulu s fixovaným vzorkem Au nano-vrstvy na skle pak je na obr. 4.
6. Již mimo rámec projektu je aktuálně připravováno a doladováno hardwarové a softwarové řešení teplotní závislosti rezistivity vrstev s reprezentativním měřením teploty vzduchu v bezprostřední blízkosti testovaného vzorku.



Obr. 4. Modul pro připojení vysoko-ohmových vrstev se vzorkem ultratenké vrstvy zlata na podložním skle 18 x 18 mm

Závěr:

Plánovaný přípravek byl navržen a jeho díly vyrobeny dílenskými specialisty obou kooperujících ústavů. Poté byl autorem sestaven a oživen v měřicím systému.