

UŽITNÝ VZOR

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2007 - 19373**
(22) Přihlášeno: **09.11.2007**
(47) Zapsáno: **14.01.2008**

(11) Číslo dokumentu:

18188

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G01R 27/08 (2006.01)

G01R 1/02 (2006.01)

G01R 1/30 (2006.01)

(73) Majitel:

České vysoké učení technické v Praze Fakulta elektrotechnická, Praha, CZ

(72) Původce:

Papež Václav Doc. Ing. CSc., Praha, CZ

(74) Zástupce:

Ing. Hana Dušková, patentový zástupce, Travná 1285, Praha 14 - Kyje, 19800

(54) Název užitého vzoru:

Zařízení pro měření odporu vodivých vrstev

CZ 18188 U1

Zařízení pro měření odporu vodivých vrstev

Oblast techniky

- Je řešeno zařízení, které umožňuje bez nebezpečí poškození bezdotykově měřit plošný odpor vodivých vrstev. Pro známé materiály umožňuje zařízení stanovit ze změřeného plošného odporu i tloušťku vrstvy, její homogenitu nebo měrný odpor materiálu.

Dosavadní stav techniky

- Nejobvyklejší metody užívané pro měření odporu vrstev vycházejí z Ohmovy metody měření odporu voltmetrem a ampérmetrem nebo přímo měřičem odporu. Při jejich použití musí být vzorek měřené vrstvy opatřen dvěma velkoplošnými kontakty vhodného tvaru, mezi kterými je při přivedení napětí známý tvar elektrického pole, umožňující ze změřeného ohmického odporu mezi kontakty určit plošný odpor vrstvy. Nevýhodou těchto metod je zejména fakt, že do měření vnášejí velké chyby všechny geometrické nepřesnosti, které nastaly při přípravě vzorku a kontaktů a případný kontaktní odpor nebo vlastní odpor kontaktů.

- Přesná měření plošného odporu vrstev umožňuje čtyřbodová metoda. Nejčastěji se používá sonda se 4 wolframovými nebo ocelovými elektrolyticky ostřenými hroty s průměrem kolem 50 μm , které jsou ekvidistantně rozmístěny na jedné přímce a jsou přitlačovány k měřené vrstvě, což je nevýhodné, neboť může dojít k jejímu poškození. Dvě vnější elektrody jsou napájeny proudem a měření je úbytek napětí mezi vnitřními dvěma elektrodami. Vzdálenost elektrod je několik desetin mm, v případě tenkých vrstev, které mají tloušťku mnohonásobně menší než vzdálenost elektrod, je plošný odpor vrstvy určen pouze poměrem napětí a proudů na elektrodách sondy a nezávisí na tloušťce vrstvy, což je výhodné. Čtyřbodová metoda je aplikovatelná i v případě jiného geometrického uspořádání elektrod, ovšem za cenu složitějších vztahů pro výpočet odporu vrstvy.

- Metoda měření plošného odporu vrstvy podle změny komplexní impedance cívky, do jejíhož rozptylového pole je vložen vzorek vrstvy, je bezkontaktní metoda měření plošného odporu vodivých vrstev. Při běžných měřeních je vyhodnocována změna činitele jakosti cívky resp. rezonančního obvodu s měřicí cívkou a vhodným kondenzátorem. Změně reálného odporu rezonančního obvodu v rezonanci, kterou způsobuje vzorek, je v určitých mezích přímo nebo nepřímo úměrný plošný odpor vrstvy. Nejednoznačnost určení plošného odporu vrstvy změnou tlumení je velkou nevýhodou této metody. Pro každé uspořádání existuje plošný odpor vrstvy, při kterém je zvýšení tlumení rezonančního obvodu maximální, přičemž pro větší nebo menší hodnoty plošného odporu vrstvy je zvýšení tlumení rezonančního obvodu menší. Každé hodnotě tlumení, kromě maximálního, odpovídají dvě možné hodnoty plošného odporu vrstvy, které je způsobují. Jednoznačné vyhodnocení je možné pouze za předpokladu, že plošný odpor vrstvy bude vždy buď menší nebo větší, než odpovídá maximální změně tlumení.

- Plošný odpor vrstvy známého materiálu je možné určit i nepřímo, např. podle hmotnosti nebo tloušťky vrstvy. Hmotnosti řádu miligramů lze určit vážením na analytických vahách, hmotnosti řádu mikrogramů lze měřit pomocí mikrovah, hmotnosti materiálu řádu 10^{-9} g deponované na ploše 1 cm^2 je možné měřit rozladováním oscilátoru řízeného krystalem přírůstkem hmotnosti krystalového výbrusu, na jehož povrch je materiál napařován. Používány jsou i mechanické postupy, kdy je mechanicky snímán reliéf povrchu podložky s nanesenou vrstvou. Podle tloušťky vrstvy lze pro známý materiál určit i plošný odpor vrstvy. Tyto postupy ale neumožňují měřit vlastnosti vrstvy přímo na výrobku, vyžadují při zhotovování vrstvy pro měření vytvořit další vzorek nebo vrstvu vytvářet také na měřicí krystal.

Podstata technického řešení

Výše uvedené nevýhody odstraňuje zařízení pro měření odporu vodivých vrstev podle předkládaného řešení. Jeho podstatou je, že sestává ze snímacího a porovnávacího obvodu a z vyhodno-

covacího obvodu, kde snímací a porovnávací obvod je tvořen měřicí cívkou pro vložení měřeného vzorku, která je svým jedním koncem uzemněná a druhým koncem je spojena do série přes sekundární vinutí budicího transformátoru a přes primární vinutí měřicího transformátoru s jedním koncem referenční cívky, která je shodná s měřicí cívkou a jejíž druhý konec je uzemněn. Primární vinutí budicího transformátoru je připojeno na výstup řízeného zesilovače, jehož vstup je připojen na rozmítaný generátor, který má řídicí vstup propojen s výstupem generátoru řídicího signálu, např. napětí pilovitého průběhu. Na řídicí vstup řízeného zesilovače je připojen výstup prvního rozdílového zesilovače, na jehož neinvertující vstup je připojen výstup zdroje referenčního napětí a na jehož invertující vstup je připojen výstup amplitudového detektoru který je svým vstupem připojen na výstup kmitočtově závislého členu, připojeného na sekundární vinutí měřicího transformátoru, z něhož je zároveň vyveden výstup tohoto budicího a porovnávacího obvodu k vyhodnocovacímu obvodu.

Pro měření na nepřiliš vysokých frekvencích je používán vyhodnocovací obvod pracující přímo na frekvenci měřicího signálu. Signál ze sekundárního vinutí měřicího transformátoru je veden na vstup generátoru synchronizačního signálu, jehož výstup je spojen jednak s řídicím vstupem prvního širokopásmového synchronního detektoru a jednak s řídicím vstupem druhého širokopásmového synchronního detektoru. Vstup prvního širokopásmového synchronního detektoru je připojen přes první lineární zesilovač paralelně k měřicí cívce. Vstup druhého širokopásmového synchronního detektoru, který je shodný s prvním širokopásmovým synchronním detektorem, je připojen přes druhý lineární zesilovač paralelně k referenční cívce. Výstup prvního širokopásmového synchronního detektoru je připojen na neinvertující vstup druhého rozdílového zesilovače, na jehož invertující vstup je připojen výstup druhého širokopásmového synchronního detektoru a jehož výstup je propojen s vertikálním vstupem vyhodnocovacího osciloskopu. Horizontální vstup vyhodnocovacího osciloskopu je připojen na výstup generátoru pily.

Plošný ohmický odpor měřené vrstvy je stanoven podle kmitočtové závislosti přírůstku ztrátového odporu cívky, do jejíhož rozptylového pole je měřený vzorek vložen. Při každém měření je vyhodnocována kmitočtová závislost ztrátového odporu cívky normovaná ke kmitočtu. Kmitočet, při kterém maximum nastává, je pro danou konfiguraci snímací cívky a vzorku mírou odporu vrstvy, samotná extrémální hodnota ztrátového odporu umožňuje ověřit dodržení předpokládaných podmínek měření, zejména dodržení geometrické konfigurace cívky a vzorku. Ztrátový odpor cívky je vyhodnocován kompenzační metodou tak, že je porovnáván ztrátový odpor měřicí cívky, do jejíhož rozptylového pole je vložen vzorek a referenční cívky, která je přesně stejná jako měřicí cívka, ale do jejíhož rozptylového pole není vložen vzorek.

Systém je poměrně jednoduchý a hodí se pro provoz na nižších frekvencích. Pouze s obtížemi jej lze používat na frekvencích řádu jednotek až desítek MHz a vyšších, protože nelze zajistit dostatečně malé odchylky měřicí a referenční větve systému. K tomuto účelu slouží druhá modifikace zařízení, jak je uvedeno dále.

Zařízení se stejnou funkcí pro měření na vysokých frekvencích je vhodné realizovat s použitím kmitočtové konverze ve vyhodnocovacím obvodu. Toto zařízení sestává opět ze snímacího a porovnávacího obvodu a z vyhodnocovacího obvodu, kde snímací a porovnávací obvod je vytvořen stejným způsobem jako v předešlém případě a kde ze sekundárního vinutí měřicího transformátoru je vyveden výstup tohoto snímacího a porovnávacího obvodu k vyhodnocovacímu obvodu. Vyhodnocovací obvod je v tomto případě tvořen na vstupu prvním směšovačem, na jehož druhý vstup je připojen výstup řízeného oscilátoru a jehož výstup je spojen s jedním vstupem fázového detektoru. Druhý vstup fázového detektoru je propojen s výstupem referenčního oscilátoru a jeho výstup je přes filtr propojen na řízený oscilátor, takže tvoří smyčku fázového závěsu. Výstup řízeného oscilátoru je dále propojen jednak s oscilátorovým vstupem druhého směšovače připojeného svým signálovým vstupem paralelně k měřicí cívce a svým výstupem spojeného přes první selektivní zesilovač a přes první synchronní detektor s neinvertujícím vstupem rozdílového zesilovače, a jednak s oscilátorovým vstupem třetího směšovače připojeného svým signálovým vstupem paralelně k referenční cívce a výstupem přes druhý selektivní zesilovač a druhý synchronní detektor s invertujícím vstupem rozdílového zesilovače. Řídicí vstupy prvního

a druhého synchronního detektoru jsou spojeny s výstupem referenčního oscilátoru. Výstup rozdílového zesilovače je propojen s vertikálním vstupem vyhodnocovacího osciloskopu, jehož horizontální vstup je připojen na výstup generátoru pily.

- 5 Systém pomocí kmitočtové konverze přesouvá pracovní kmitočty vyhodnocovacího obvodu do výhodné oblasti. Proto jej lze bez obtíží používat na frekvencích řádu jednotek až desítek MHz a vyšších, protože na jednom kmitočtu, kde pak pracují zesilovače a synchronní detektory měřicí a referenční větve systému lze zajistit jejich dostatečnou shodu.

- 10 Při měření je, stejně jako v případě s vyhodnocovacím obvodem pracujícím na měřicí frekvenci, vyhodnocována kmitočtová závislost ztrátového odporu cívky normovaná ke kmitočtu. Kmitočet, při kterém maximum nastává, je pro danou konfiguraci snímací cívky a vzorku mírou odporu vrstvy. Ztrátový odpor cívky je opět vyhodnocován kompenzační metodou, extrémní hodnota odporu opět umožňuje ověřit dodržení předpokládaných podmínek měření, zejména dodržení geometrické konfigurace cívky a vzorku.

Přehled obrázků na výkresech

- 15 Příklady provedení zařízení pro měření odporu vodivých vrstev podle předkládaného řešení jsou uvedeny na přiložených výkresech, a to na obr. 1 je provedení pro měření na nepříliš vysokých frekvencích a na obr. 2 je uvedeno zařízení s kmitočtovou konverzí pro měření na vysokých frekvencích nebo pro měření v širokém frekvenčním rozsahu.

Příklady provedení technického řešení

- 20 Uspořádání zařízení pro měření odporu vrstev na nepříliš vysokých frekvencích na obr. 1 sestává z snímacího a porovnávacího obvodu a z vyhodnocovacího obvodu. Budicí a porovnávací obvod je tvořen budicí měřicí cívkou 1, referenční cívkou 2, budicím transformátorem 4 a měřicím transformátorem 3. Měřicí cívka 1, do které se vkládá měřený vzorek 100, naznačený na obrázku náhradním schématem, je svým jedním koncem uzemněná a druhým koncem je spojena do série
25 přes sekundární vinutí budicího transformátoru 4 a přes primární vinutí měřicího transformátoru 3 s jedním koncem referenční cívky 2, která je shodná s touto měřicí cívkou 1 a jejíž druhý konec je uzemněn. Primární vinutí budicího transformátoru 4 je připojeno na výstup řízeného zesilovače 7, jehož vstup je připojen na rozmitaný generátor 5, který má řídicí vstup propojen s výstupem generátoru 6 řídicího signálu, a to například napětí pilovitého průběhu. Na řídicí vstup řízeného
30 zesilovače 7 je připojen výstup prvního rozdílového zesilovače 10, jehož neinvertující vstup je propojen s výstupem zdroje 11 referenčního napětí. Invertující vstup prvního rozdílového zesilovače 10 je spojen na výstup amplitudového detektoru 9, který má vstup připojen přes kmitočtově závislý člen 8 na sekundární vinutí měřicího transformátoru 3, z něhož je zároveň vyveden výstup snímacího a porovnávacího obvodu k vyhodnocovacímu obvodu. Vyhodnocovací obvod pro
35 měření na nepříliš vysokých frekvencích pracuje přímo na frekvenci měřicího signálu. Řídicí vstup měřicího obvodu je tvořen vstupem generátoru 12 synchronizačního signálu. Výstup generátoru 12 synchronizačního signálu je spojen jednak s řídicím vstupem prvního širokopásmového synchronního detektoru 13 a jednak s řídicím vstupem druhého širokopásmového synchronního detektoru 14. Vstup prvního širokopásmového synchronního detektoru 13 je připojen přes první
40 lineární zesilovač 15 paralelně k měřicí cívce 1 a vstup druhého širokopásmového synchronního detektoru 14 je připojen přes druhý lineární zesilovač 16 paralelně k referenční cívce 2. Výstup prvního širokopásmového synchronního detektoru 13 připojen na neinvertující vstup druhého rozdílového zesilovače 17, na jehož invertující vstup je připojen výstup druhého širokopásmového synchronního detektoru 14 a jehož výstup je propojen s vertikálním vstupem obrazovky 18.
45 Horizontální vstup osciloskopu 18 je připojen na výstup generátoru 6 pily.

Pro měření je tedy používán porovnávací měřicí obvod skládající se z měřicí cívky 1, do které je vložen měřený vzorek 100, referenční cívky 2, budicího transformátoru 4 a měřicího transformátoru 3. Měřicí obvod je napájen zdrojem sinusového proudu s proměnnou frekvencí, který je

tvořen řídicí smyčkou tvořenou budicím transformátorem 4, amplitudovým detektorem 9, kmitočtově závislým členem 8, řízeným zesilovačem 7, rozmláňaným generátorem 5, generátorem 6 řídicího signálu, zde napětí pilovitého průběhu, rozdílovým zesilovačem 10 a zdrojem 11 referenčního napětí. Proud je z hlediska zátěže tvořený měřicí cívku 1 a referenční cívku 2 konstantní a z hlediska frekvence budicího signálu nepřímo úměrný této frekvenci. Budicí signál s proměnnou frekvencí je generován rozmláňaným generátorem 5, jehož frekvence je ve zvolených mezích řízena generátorem 6 pily. Proud do měřicího obvodu je dodáván z výstupu řízeného zesilovače 7, který je buzen z rozmláňaného generátoru 5. Výstupní obvod řízeného zesilovače 7 je od měřicího obvodu galvanicky oddělen budicím transformátorem 4. Proud v měřicím obvodu je snímán měřicím transformátorem 3 a vzorek tohoto proudu je přes kmitočtově závislý člen 8 s přenosovou charakteristikou s velikostí přenosu úměrnou frekvenci veden na amplitudový detektor 9. Výstupní napětí amplitudového detektoru 8 je rozdílovým zesilovačem 10 porovnáváno s referenčním napětím ze zdroje referenčního 11 napětí a výstupním napětím rozdílového zesilovače 10 je řízen řízený zesilovač 7. Řízený zesilovač 7, budicí transformátor 4, měřicí transformátor 3, kmitočtově závislý člen 8, amplitudový detektor 9 a rozdílový zesilovač 10 tvoří smyčku se zápornou zpětnou vazbou která řídí velikost proudu v měřicím obvodu. Mírou impedance měřicí cívky 1 a referenční cívky 2 je úbytek napětí na nich. Reálná část impedance měřicí cívky 1 a referenční cívky 2 reprezentuje ztrátový odpor měřicí cívky 1 se vzorkem 100 a odpovídá složce úbytku napětí, které je ve fázi s budicím proudem. Velikost této složky je sledována prostřednictvím synchronní detekce napětí prvním širokopásmovým synchronním detektorem 13, který je řízen ve fázi s proudem v měřicím obvodu. Vzorek napětí odpovídajícího proudu v měřicím obvodu je odebírán z měřicího transformátoru 3 a je veden do generátoru 12 synchronizačního signálu, kde je generován řídicí signál pro synchronizaci prvního a druhého širokopásmového synchronního detektoru 13 a 14. Vstupní signál je do těchto širokopásmových synchronních detektorů 13 a 14 veden z měřicího obvodu, a to z měřicí cívky 1 a z referenční cívky 2, po zesílení shodnými lineárními zesilovači 15 a 16. Výstupní signály prvního širokopásmového synchronního detektoru 13 a druhého širokopásmového synchronního detektoru 14 jsou vedeny na vstupy rozdílového zesilovače 17, jehož výstupní signál je úměrný rozdílu ztrátového odporu měřicí cívky 1 a referenční cívky 2, který je normován funkcí odpovídající měřicí frekvenci. Závislost normovaného rozdílu ztrátových odporů měřicí cívky 1 a referenční cívky 2 na frekvenci je zobrazována jako závislost výstupního napětí rozdílového zesilovače 17 na řídicím napětí rozmláňaného generátoru 5 na osciloskopu 18, kde jsou vizuálně odečítány souřadnice maxima zobrazovaného napětí. Kmitočet, při kterém maximum nastává, je mírou odporu vrstvy měřického vzorku 100.

Pro měření na velmi vysokých frekvencích nebo měření v širokém frekvenčním rozsahu je výhodnější uspořádání zařízení s vyhodnocováním signálů z měřicího obvodu s použitím kmitočtové konverze znázorněné na obr. 2. Budicí a porovnávací obvod je shodný jako v minulém případě, liší se ale zapojení vyhodnocovacího obvodu. Ten je tvořen na vstupu prvním směšovačem 19, na jehož druhý vstup je připojen výstup řízeného oscilátoru 20 a jehož výstup je spojen s jedním vstupem fázového detektoru 21. Druhý vstup fázového detektoru 21 je propojen s výstupem referenčního oscilátoru 22 a jeho výstup je přes filtr 23 zajišťující stabilitu smyčky fázového závěsu propojen na řídicí vstup řízeného oscilátoru 20. Výstup řízeného oscilátoru 20 je dále propojen jednak s řídicím vstupem druhého směšovače 24 a jednak s řídicím vstupem třetího směšovače 27. Druhý směšovač 24 je připojen svým vstupem paralelně k měřicí cívce 1 a svým výstupem je spojen přes první selektivní zesilovač 25 a přes první synchronní detektor 26 s neinvertujícím vstupem rozdílového zesilovače 17. Třetí směšovač 27 je připojen svým výstupem paralelně k referenční cívce 2 a výstupem přes druhý selektivní zesilovač 28 a druhý synchronní detektor 29 s invertujícím vstupem rozdílového zesilovače 17. Řídicí vstupy prvního a druhého synchronního detektoru 26 a 29 jsou spojeny s výstupem referenčního oscilátoru 22. Výstup rozdílového zesilovače 17 je propojen s vertikálním vstupem osciloskopu 18, jehož horizontální vstup je připojen na výstup generátoru 6 řídicího signálu.

Pro měření je opět používán porovnávací měřicí obvod skládající se z měřicí cívky 1, referenční cívky 2, budicího transformátoru 4 a měřicího transformátoru 3. Měřicí obvod je napájen zdro-

jem sinusového proudu s proměnnou frekvencí, který je tvořen řídicí smyčkou tvořenou budicím transformátorem 4, amplitudovým detektorem 9, kmitočtově závislým členem 8, řízeným zesilovačem 7, rozμίtaným generátorem 5, generátorem 6 řídicího signálu, například napětí pilovitého průběhu, rozdílovým zesilovačem 10 a zdrojem 11 referenčního napětí. Proud je z hlediska zátěže tvořen měřicí cívkou 1 a referenční cívkou 2 konstantní a z hlediska frekvence budicího signálu nepřímě úměrný této frekvenci. Budicí signál s proměnnou frekvencí je generován rozμίtaným generátorem 5, jehož frekvence je ve zvolených mezích řízena generátorem 6 řídicího signálu. Proud do měřicího obvodu je dodáván z výstupu řízeného zesilovače 7, který je buzen z rozμίtaného generátoru 5. Výstupní obvod řízeného zesilovače 7 je od měřicího obvodu galvanicky oddělen budicím transformátorem 4. Proud v měřicím obvodu je snímán měřicím transformátorem 3 a vzorek tohoto proudu je přes kmitočtově závislý člen 8 s přenosovou charakteristikou s velikostí přenosu úměrnou frekvenci veden na amplitudový detektor 9. Výstupní napětí amplitudového detektoru 9 je rozdílovým zesilovačem 10 porovnáváno s referenčním napětím ze zdroje referenčního 11 napětí a výstupním napětím rozdílového zesilovače 10 je řízen řízený zesilovač 7. Řízený zesilovač 7, budicí transformátor 4, měřicí transformátor 3, kmitočtově závislý člen 8, amplitudový detektor 9 a rozdílový zesilovač 10 tvoří smyčku se zápornou zpětnou vazbou která řídí velikost proudu v měřicím obvodu. Mírou impedance měřicí cívky 1 a referenční cívky 2 je úbytek napětí na nich. Reálná část impedance měřicí cívky 1 a referenční cívky 2 reprezentuje ztrátový odpor měřicí cívky se vzorkem a odpovídá složce úbytku napětí, které je ve fázi s budicím proudem. Velikost těchto napětí je sledována vyhodnocovacím obvodem s kmitočtovou konverzí.

Signál místního řízeného oscilátoru 20 pro kmitočtovou konverzi je generován podle výstupního signálu měřicího transformátoru 3 fázovým závěsem. Výstupní signál měřicího transformátoru 3 proudu je veden na první směšovač 19 kde je směšován se signálem místního řízeného oscilátoru 20 a mezifrekvenční signál je fázovým detektorem 21 porovnáván se signálem referenčního oscilátoru 22, který pracuje na konstantní frekvenci pod dolním mezním kmitočtem měřicího pásma. Výstupní signál fázového detektoru 21 je zpracován filtrem 23 a výstupním signálem filtru 23, který zajišťuje stabilitu smyčky fázového závěsu, je řízen místní řízený oscilátor 20.

V měřicích kanálech napětí na měřicí cívce 1 a referenční cívce 2 je kmitočtová konverze realizována prvním směšovačem 24 a druhým směšovačem 27, které jako signál místního oscilátoru používají signál místního řízeného oscilátoru 20. Výstupní mezifrekvenční signály prvního směšovače 24 a druhého směšovače 27 jsou zesilovány prvním selektivním zesilovačem 25 a druhým selektivním zesilovačem 28 jejichž propustné pásmo odpovídá frekvenci referenčního oscilátoru 22. Výstupní signál prvního a druhého selektivního zesilovače 25 a 28 je veden do prvního synchronního detektoru 26 a do druhého synchronního detektoru 29, které jsou řízeny signálem referenčního oscilátoru 22 a fázově nastaveny tak, aby jimi detekované napětí odpovídalo reálné složce impedance měřicí cívky 1 referenční cívky 2. Výstupní signály z prvního synchronního detektoru 26 a druhé synchronního detektoru 29 jsou vedeny na vstupy rozdílového zesilovače 17, jehož výstupní signál je úměrný rozdílu ztrátového odporu měřicí cívky 1 a referenční cívky 2, který je normován funkcí odpovídající měřicí frekvenci. Závislost normovaného rozdílu ztrátových odporů těchto cívek na frekvenci je zobrazována jako závislost výstupního napětí rozdílového zesilovače 17 na řídicím napětí rozμίtaného generátoru 5 na vyhodnocovacím osciloskopu 18, kde jsou vizuálně odečítány souřadnice maxima zobrazovaného napětí. Kmitočet, při kterém maximum nastává, je pro danou konfiguraci měřicí cívky a vzorku 100 mírou odporu vrstvy.

45 Průmyslová využitelnost

Zařízení pro měření odporu vodivých vrstev podle předkládaného řešení je využitelné ve všech oblastech, kde se používají vodivé vrstvy, například v mikroelektronice při výrobě integrovaných obvodů, při výrobě elektronických součástek nebo při kontrole technologického procesu nanášení těchto vrstev.

NÁROKY NA OCHRANU

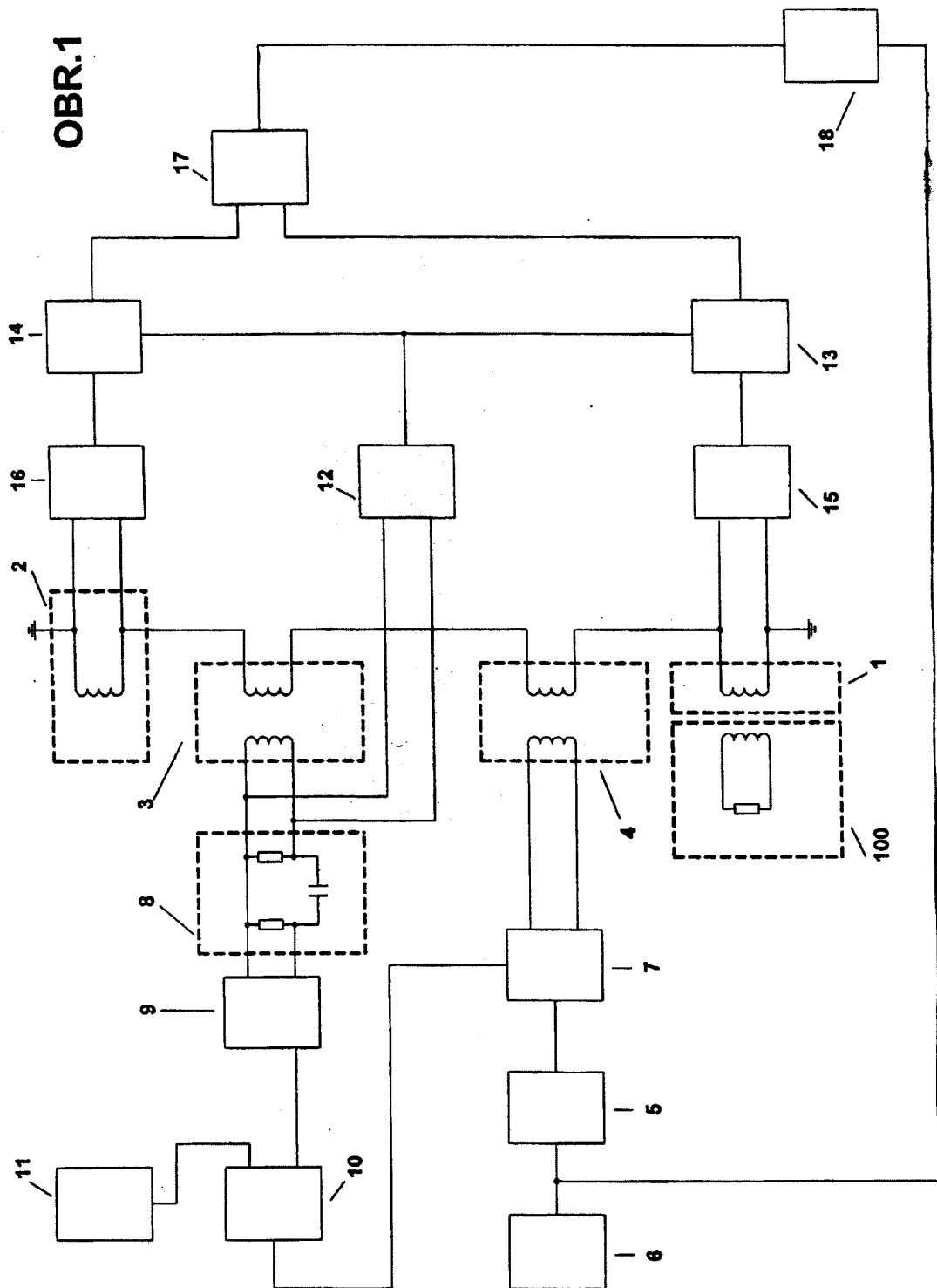
1. Zařízení pro měření odporu vodivých vrstev, **vyznačující se tím**, že sestává z budicího a porovnávacího obvodu a z vyhodnocovacího obvodu, kde budicí a porovnávací obvod je tvořen měřicí cívkou (1) pro vložení měřeného vzorku (100), která je svým jedním koncem
 5 uzemněná a druhým koncem je spojena do série přes sekundární vinutí budicího transformátoru (4) a přes primární vinutí měřicího transformátoru (3) s jedním koncem referenční cívky (2), která je shodná s měřicí cívkou (1) a jejíž druhý konec je uzemněn a kde primární vinutí budicího transformátoru (4) je připojeno na výstup řízeného zesilovače (7), jehož vstup je připojen přes rozmítaný generátor (5), který má řídicí vstup propojen s výstupem generátoru (6) řídicího sig-
 10 nálu a kde na řídicí vstup řízeného zesilovače (7) je připojen výstup prvního rozdílového zesilovače (10), na jehož neinvertující vstup je připojen výstup zdroje (11) referenčního napětí a na jehož invertující vstup je připojen výstup amplitudového detektoru (9), jehož vstup je připojen na výstup kmitočtově závislého členu (8) připojeného na sekundární vinutí měřicího transformátoru (3), z něhož je zároveň vyveden výstup tohoto budicího a porovnávacího obvodu k vy-
 15 hodnocovacímu obvodu, který je pro měření na nepříliš vysokých frekvencích tvořen na vstupu generátorem (12) synchronizačního signálu, jehož výstup je spojen jednak s řídicím vstupem prvního širokopásmového synchronního detektoru (13) a jednak s řídicím vstupem druhého širokopásmového synchronního detektoru (14), kde vstup prvního širokopásmového synchronního detektoru (13) je připojen přes první lineární zesilovač (15) paralelně k měřicí cívce (1) a vstup
 20 druhého širokopásmového synchronního detektoru (14) je připojen přes s prvním lineárním zesilovačem (15) shodný druhý lineární zesilovač (16) paralelně k referenční cívce (2) a dále je výstup prvního širokopásmového synchronního detektoru (13) připojen na neinvertující vstup druhého rozdílového zesilovače (17), na jehož invertující vstup je připojen výstup druhého širokopásmového synchronního detektoru (14) a jehož výstup je propojen s vertikálním vstupem
 25 osciloskopu (18), jehož horizontální vstup je připojen na výstup generátoru (6) řídicího signálu.

2. Zařízení pro měření odporu vodivých vrstev, **vyznačující se tím**, že sestává z budicího a porovnávacího obvodu a z vyhodnocovacího obvodu, kde budicí a porovnávací obvod je tvořen měřicí cívkou (1) pro vložení měřeného vzorku (100), která je svým jedním koncem
 30 uzemněná a druhým koncem je spojena do série přes sekundární vinutí budicího transformátoru (4) a přes primární vinutí měřicího transformátoru (3) s jedním koncem referenční cívky (2), která je shodná s měřicí cívkou (1) a jejíž druhý konec je uzemněn a kde primární vinutí budicího transformátoru (4) je připojeno na výstup řízeného zesilovače (7), jehož vstup je připojen přes rozmítaný generátor (5) který má řídicí vstup propojen s výstupem generátoru (6) řídicího sig-
 35 nálu a kde na řídicí vstup řízeného zesilovače (7) je připojen výstup prvního rozdílového zesilovače (10), na jehož neinvertující vstup je připojen výstup zdroje (11) referenčního napětí a na jehož invertující vstup je připojen výstup amplitudového detektoru (9), jehož vstup je připojen na výstup kmitočtově závislého členu (8) připojeného na sekundární vinutí měřicího transformátoru (3), z něhož je zároveň vyveden výstup tohoto snímacího a porovnávacího obvodu k vy-
 40 hodnocovacímu obvodu, který je pro měření na velmi vysokých frekvencích nebo pro měření v širokém frekvenčním rozsahu tvořen na vstupu prvním směšovačem (19), na jehož druhý vstup je připojen výstup řízeného oscilátoru (20) a jehož výstup je spojen s jedním vstupem fázového detektoru (21), jehož druhý vstup je propojen s výstupem referenčního oscilátoru (22) a jehož výstup je přes filtr (23) a řízený oscilátor (20) propojen jednak s oscilátorovým vstupem druhého směšovače (24) připojeného svým signálovým vstupem paralelně k měřicí cívce (1) a svým vý-
 45 stupem spojeného přes první selektivní zesilovač (25) a přes první synchronní detektor (26) s neinvertujícím vstupem rozdílového zesilovače (17) a jednak s oscilátorovým vstupem třetího směšovače (27) připojeného svým signálovým vstupem paralelně k referenční cívce (2) a výstupem přes druhý selektivní zesilovač (28) a druhý synchronní detektor (29) s invertujícím vstu-

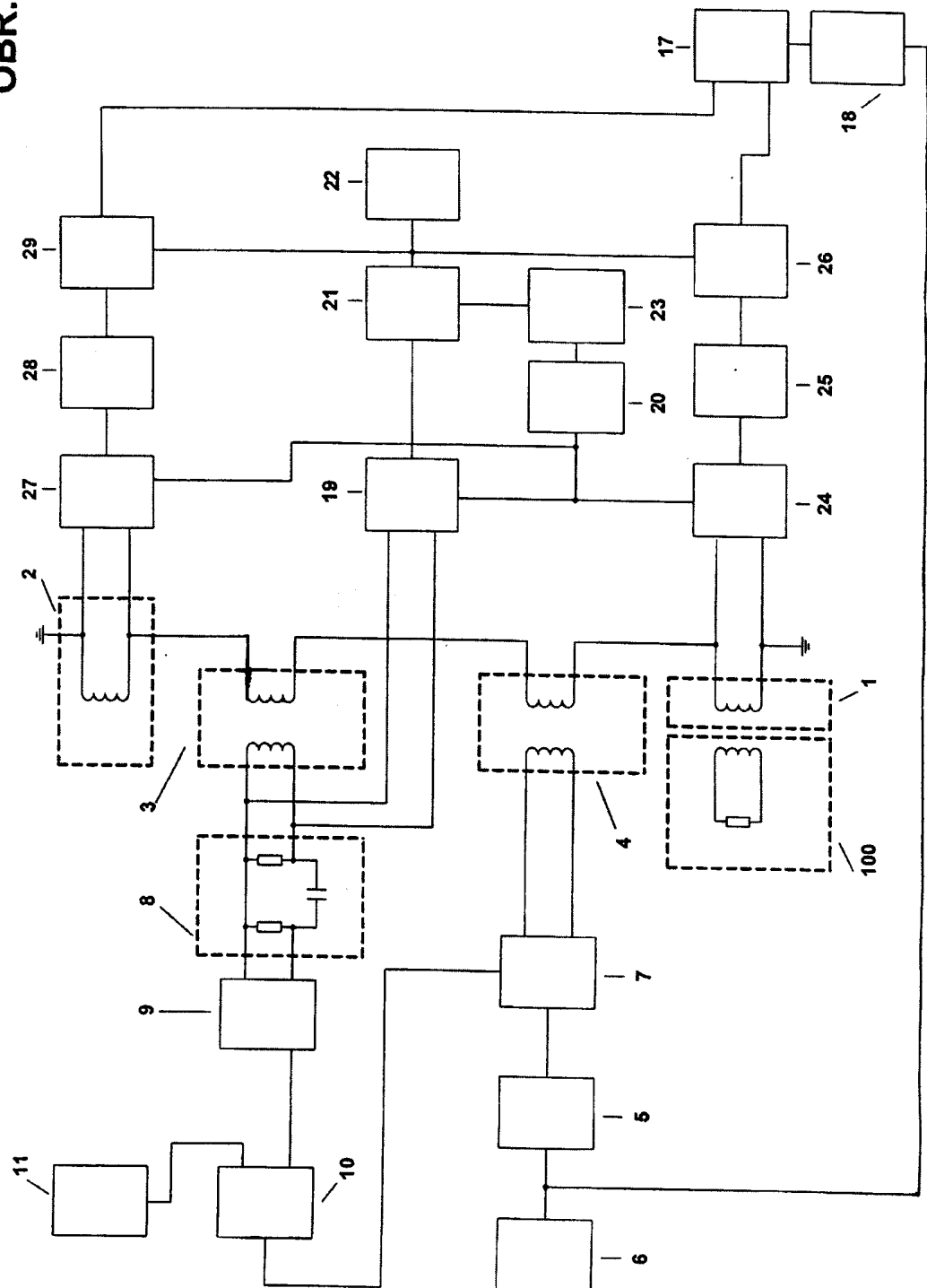
pem rozdílového zesilovače (30), přičemž řídicí vstupy prvního a druhého synchronního detektoru (26, 29) jsou spojeny s výstupem referenčního oscilátoru (22) a výstup rozdílového zesilovače (30) je propojen s vertikálním vstupem osciloskopu (31), jehož horizontální vstup je připojen na výstup generátoru (6) řídicího signálu.

5

2 výkresy



OBR.2



Konec dokumentu