



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

204900

(11)

(B1)

/22/ Přihlášeno 11 07 79
/21/ /PV 4847-79/

(51) Int. Cl.³
H 01 L 29/38

4045 49/88

(40) Zveřejněno 30 06 80

(45) Vydáno 15 12 82

(75)
Autor vynálezu

FRANK LUDĚK RNDr. a VAŠINA PETR RNDr., BRNO

(54) Válcový elektrostatický energiový analyzátor s korekcí pozadí

1

Vynález se týká válcového elektrostatického energiového analyzátoru s korekcí pozadí, určeného pro energiovou analýzu nabitých částic a umožňujícího přímou korekci pozadí při stejnosměrném měření.

Hlavním prvkem zařízení pro nejrůznější typy spektroskopii založených na energiové analýze nabitých částic je energiový filtr tvořený elektromagnetickým polem speciálního prostorového průběhu. Na základě srovnání nejdůležitějších charakteristik filtru, tj. procentuální propustnosti pro částice z daného intervalu energií a šířky intervalu energií propuštěných částic, vychází jako nejvýhodnější z dosud publikovaných konfigurací, zejména v oblasti vyššího energiového rozlišení, válcové elektrostatické zrcadlo.

Široký dutý kuželový svazek částic vstupuje v tomto případě do elektrostatického pole mezi dvěma válcovými elektrodami štěrbinou ve stěně vnitřního válce. Osa svazku je totožná s osou válců. Pole mezi válcovými elektrodami má pro dané znaménko náboje analyzovaných částic charakter brzdného pole. Nabitě částice při pohybu prostorem mezi válcovými elektrodami směrem k vnější z nich vlivem brzdného pole ztrácejí radiální rychlost a postupně jsou částice s nejnižší energií vráceny co do radiálního pohybu zpět směrem k vnitřní válcové elektrodě. Částice o určité energii dané uspořádáním filtru a napětím mezi válcovými elektrodami pak projdou druhou štěrbinou ve stěně vnitřní válcové elektrody do prostoru uvnitř vnitřní válcové elektrody. V ose systému je umístěna kruhová clona, kterou projdou již jen částice, které mají energie v úzkém intervalu kolem zvolené hodnoty. Částice o jiných energiích dopadnou postupně na stěny filtru.

Válcové elektrostatické zrcadlo v popsaném uspořádání tedy umožňuje naměřit pomocí detekce proudu nabitých částic za výstupní kruhovou clonou signál úměrný počtu částic

204900

o dané energii, přesněji řečeno z úzkého intervalu energií kolem dané hodnoty a změnou této energie realizovanou pomocí změny napětí mezi oběma válcovými elektrodami pak proměřit celé energiové spektrum částic. Podstatným rysem je, že filtr propouští se stejnou účinností všechny částice o dané energii, bez ohledu na jejich původ.

V řadě aplikací nastává situace, kdy jen malá část z celkového počtu částic o určité energii tvoří užitečný signál, který má být měřen, a zbytek částic o téže energii tvoří neužitečné pozadí. Příkladem je spektrometrie sekundárních elektronů zaměřená na detekci Augerových elektronů; tato metoda chemické analýzy - např. mikroanalýzy povrchu pevných látek - nachází stále širší uplatnění v laboratorních i průmyslových aplikacích. Z celkového signálu sekundárních elektronů, které jsou např. emitovány vzorkem bombardovaným svazkem primárních částic, tvoří Augerovy elektrony jen nepatrnou část. Ze sekundárních elektronů o energii totožné s některou z diskrétních hodnot energie Augerových elektronů je samotných Augerových elektronů jen zlomek procenta, u nejsilnějších spektrálních čar nanejvýš několik procent. Pro oddělení Augerových elektronů od ostatních sekundárních elektronů tvořících pozadí se využívá té skutečnosti, že v energiovém spektru tvoří Augerovy elektrony poměrně ostré čáry, překládající se přes silné pozadí přibližně konstantní úrovně.

Jestliže tedy detekujeme místo počtu elektronů o dané energii $N(E)$ derivaci této funkce $dN(E)/dE$, pak se čáry spektra Augerových elektronů podstatně zvýrazní a jsou měřitelné. Prakticky to lze provést namodulováním malé střídavé složky na stejnosměrné napětí mezi oběma válcovými elektrodami a synchronní detekcí signálu na téže frekvenci. Tato metoda detekce výstupního signálu energiového filtru má tu výhodu, že prakticky eliminuje pozadí, má však také řadu nevýhod: modulací napětí filtru se zhorší rozlišovací schopnost, tj. šířka pásma propouštěných energií o hodnotu danou modulačním napětím, tvarem měřené spektrální čáry a uspořádáním filtru; stínění přívodů modulačního napětí o poměrně vysoké frekvenci působí obvykle konstrukční potíže; elektronika zahrnující synchronní detektor je dosti komplikovaná.

Popsanou metodu lze srovnat se stejnosměrnou metodou přímého měření signálu při daném stavu filtru, tj. měření počtu elektronů o dané energii $N(E)$. Toto měření lze nejvýhodněji realizovat digitálně čítáním pulsů na výstupu násobiče elektronů umístěného v ose filtru za výstupní kruhovou clonou. Tato metoda nemá shora vyjmenované nevýhody synchronní detekce modulovaného signálu a navíc poskytuje 5 až 10x lepší poměr signálu k šumu. Velmi podstatné však je, že nijak nepotlačuje pozadí sekundárních elektronů, takže spektrální čáry Augerových elektronů jsou pozadím většinou pohlceny.

Publikovány byly ještě i další modifikace uvedených metod snímání spekter pomocí daného filtru, nacházejí se však co do hlavních charakteristik mezi oběma popsanými metodami, které lze z tohoto hlediska považovat za krajní. Neexistuje tedy taková metoda snímání signálu vystupujícího z energiového filtru, která by jak potlačovala pozadí, tak zajišťovala vysoký poměr signálu k šumu při pomalu proměnném napětí filtru, nezhoršovala rozlišení a nevykazovala i další shora vyjmenované nevýhody.

Tyto dosavadní nevýhody odstraňuje válcový elektrostatický energiový analyzátor s korekcí pozadí sestávající z tělesa filtru se dvěma válcovými elektrodami a s výstupní clonou, v jejímž osovém středu je umístěn vymežující otvor a za ním první detektor, přičemž podstatou je, že ve stěně výstupní clony souběžně s osou filtru je umístěn mimoosový otvor, za kterým je uspořádán druhý detektor.

Hlavní předností analyzátoru je, že umožňuje použít stejnosměrnou metodu měření počtu elektronů o dané energii s vysokým poměrem signálu k šumu a pomalu proměnným napětím filtru s tím, že druhý detektor je určen pro získávání referenčního signálu pro korekci na pozadí.

Vynález blíže objasní přiložený výkres, na kterém je na obr. 1 znázorněn v osovém

řezu energiový analyzátor, na obr. 2 je naznačena trajektorie částic k doplnění popisu funkční činnosti.

Energiový analyzátor na obr. 1 sestává z tělesa 3 filtru, ve kterém jsou symetricky umístěny první a druhá válcová elektroda 4 a 5. V ose x filtru je umístěna tryska 1 a zkoumaný vzorek 2. Jednu stranu tělesa 3 filtru uzavírá výstupní clona 6 s vymezujícím otvorem, přičemž mimo osu x filtru je v ose x_1 uspořádán druhý mimoosový otvor. Proti oběma clonným otvorům jsou umístěny první a druhý detektor 7 a 8, například násobiče. Na obr. 2 je schematicky znázorněn energiový filtr oběma válcovými elektrodami 4, 5 a výstupní clonou 6. Trajektorie odpovídající analyzované hodnotě energie 11 a 12 jsou vyznačeny plnou čarou. Trajektorie ostatní 13 a 14 o nižší nebo vyšší energii, než je analyzovaná hodnota, jsou naznačeny čárkovaně.

Tryska 1 produkuje primární svazek částic, které dopadají na zkoumaný vzorek 2. Vytvořené sekundární částice vstupují částečně do tělesa 3 filtru a do prostoru mezi oběma válcovými elektrodami 4 a 5, částečně tento prostor opouštějí vymezujícím otvorem v rovině výstupní clony energiového filtru. Elektrony, jejichž energie se nacházejí v úzkém intervalu kolem právě analyzované hodnoty energie, vstupují vymezujícím otvorem na ose x filtru do prvního násobiče 7, který tvoří začátek signálové trasy.

Na obr. 2 jsou trajektorie 11 a 12 těchto částic vyznačeny plnou čarou. Do mimoosového otvoru v ose x_1 a druhého detektoru 8 referenční trasy mohou vstupovat částice ze širšího intervalu energií. Jsou to jednak elektrony o energii nižší než právě analyzovaná hodnota energie, viz trajektorie 13, a jednak elektrony o vyšší energii, viz trajektorie 14 na obr. 2. Částice, pohybující se po čárkované vyznačených trajektoriích 13 a 14, reprezentují okraje pásma energií propouštěného do referenčního kanálu. Střední část propouštěného pásma je zajišťována trajektoriemi v obrázku nevyznačenými, nacházejícími se v jiných rovinách, než je rovina řezu v obr. 2.

Polohou, tvarem a velikostí mimoosového otvoru tvořícího vstup do referenčního kanálu lze optimalizovat splnění obou hlavních požadavků kladených na vlastnosti referenčního kanálu, a to:

Pásmo energií propouštěných referenčním kanálem musí být dostatečně širší než pásmo energií signálového kanálu. Poměr šířky pásem by měl být asi deset. V optimálním případě referenční kanál nezaznamenává jednotlivé čáry spektra, ale reaguje na změny úrovně pozadí jak v čase, tak i podél energiové stupnice.

Celkový počet pulsů registrovaný v referenčním kanále by měl být několikrát, přibližně 10x vyšší než celkový počet pulsů v signálovém kanále. Pak je poměr signálu a statistického šumu v referenčním kanále několikanásobně, přibližně 3x lepší než poměr signálu k šumu v signálovém kanále, takže při digitální korekci není výsledek naměřený v signálovém kanále příliš zhoršován fluktuacemi korekčního faktoru.

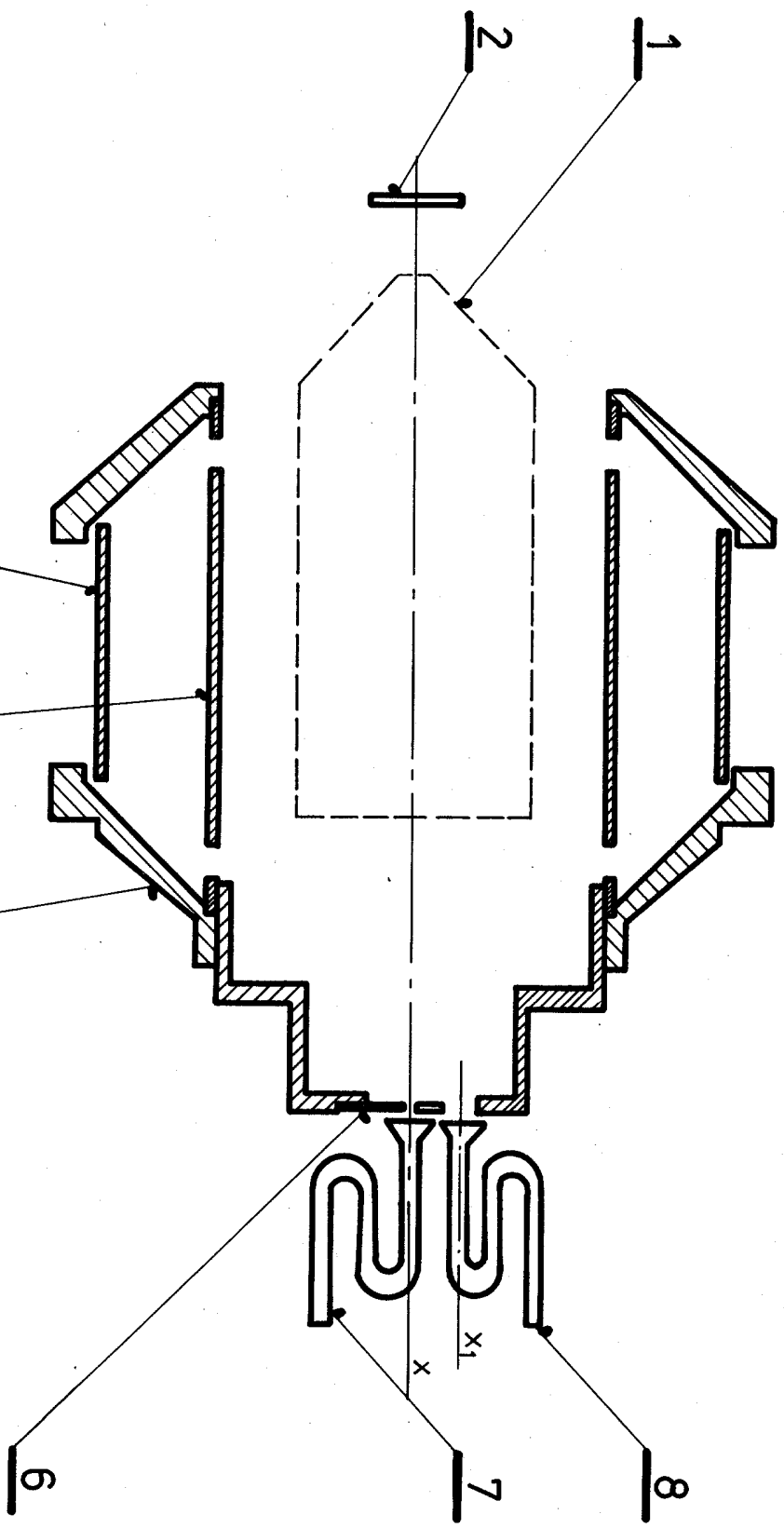
Samotnou korekci signálu lze provést odečtením údaje referenčního kanálu v počítači nebo speciální řídicí jednotce.

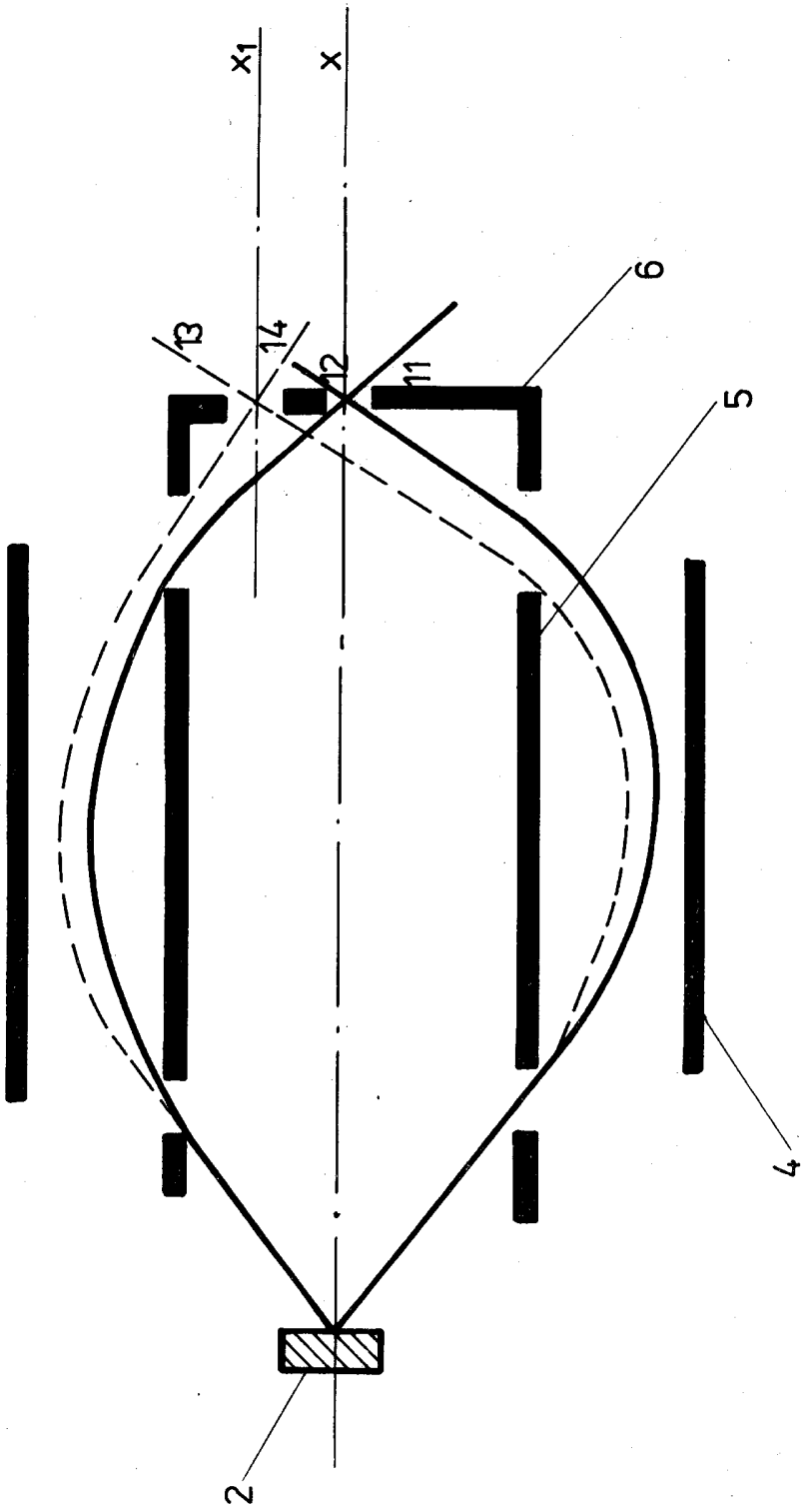
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Válcový elektrostatický energiový analyzátor s korekcí pozadí, sestávající z tělesa filtru se dvěma válcovými elektrodami a s výstupní clonou, v jejímž osovém středu je umístěn vymezující otvor a první detektor, vyznačený tím, že ve stěně výstupní clony (6) souběžně s osou (x) filtru je umístěn mimoosový otvor, za nímž je uspořádán druhý detektor (8).

2 listy výkresů

obr. 1





obr. 2