



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVEDČENÍU

252035
(11) (B1)

[22] Prihlášené 16 11 85
[21] (PV 8268-85)

[40] Zverejnené 13 11 86

[45] Vydané 15 09 88

(51) Int. Cl.⁴
C 08 J 3/28
H 01 L 21/308

[75]
Autor vynálezu

ŠMATKO VASILIJ RNDr., SCHILDER JAROSLAV ing. CSc.,
BEŇAČKA ŠTEFAN RNDr. CSc., BRATISLAVA

[54] Spôsob vytvrdzovania polymérnych rezistov pre elektrónovú litografiu

1

2

Účelom vytvrdzovania polymérnych masiek v technike elektrónovej litografie je buď zvýšenie odolnosti masiek voči suchým leptacím procesom, alebo umožnenie priameho pozorovania masiek v elektrónových rastrovacích mikroskopoch. Vytvrdenie sa dosiahne bombardovaním iónmi inertných plynov vo vákuu. Vytvrdené polymérne masky dosahujú pri leptacích procesoch používajúcich iónových zväzkov odolnosti masiek z ťažkotaviteľných kovov. Vytvrdených masiek možno využiť v technológiách výroby integrovaných obvodov v mikroelektronike používajúcich techniku elektrónovej litografie.

Vynález sa týka spôsobu vytvrdzovania polymerných rezistov pre elektrónovú litografiu, čo umožňuje jednak priame pozorovanie masiek v elektrónových rastrovacích mikroskopoch, jednak priame použitie masiek pre leptacie procesy.

Doteraz sa masky pre mikroelektronické aplikácie získavané elektrono-litografickým postupom nedali priamo kontrolovať v elektrónových rastrovacích mikroskopoch. Polymérny rezist, napr. polymetylmetakrylát, je i po vyvolaní citlivý na elektrónový zväzok mikroskopu. Elektrónová dávka pri mikroskopovaní spravidla prevyšuje dávku potrebnú pre expozíciu masky, takže rezistová maska sa pôsobením zväzku pri mikroskopovaní deštruuje spôsobom, pripomínajúcim napučľavanie za súčasného vzniku bublín a zmien makroskopických rozmerov. Pre pozorovanie masiek je potrebné použiť nepriame metódy zobrazovania, napr. pomocou negatívnej repliky zdvihovou litografickou technikou, čo neumožňuje vždy získať potrebné informácie o vytvarovanej rezistovej maske. Známe elektrónové rezisty sú tiež málo odolné voči vysokofrekvenčnej plynnej plazme a len niekedy sa dajú použiť pre priame tvarovanie substrátu.

Uvedené nedostatky v podstatnej miere odstraňuje spôsob vytvrdzovania polymerných rezistov pre elektrónovú litografiu podľa vynálezu, ktorého podstata spočíva v tom, že polymérna maska sa vo vákuu pri tlaku pod 10^{-1} Pa vytvrdí zväzkom iónov inertných plynov s energetickým spektrom od 25 eV do 5 keV nábojovou dávkou od 3 do 300 C . cm⁻².

Výhodou použitia vytvrdených masiek je, že v technologickom procese prípravy odpadá operácia, pri ktorej sa cez nevytvrdenú polymérnu masku vytvorí ďalšia kovová maska väčšej odolnosti voči leptacím procesom. Použitie vytvrdených masiek prináša zvýšenie kvality a reprodukovateľnosti mikroobvodových štruktúr, najmä v oblasti realizácie objektov submikrometrových rozmerov. Takto vytvrdené rezistové masky možno pozorovať v elektrónových rastrovacích mikroskopoch, čo má veľký význam pri pozorovaní účinku elektrónových litografov a optimalizácii procesov prípravy polymerných masiek. Vytvrdený rezist sa elektrostaticky nenabíja, je stabilný a poskytuje obraz z rastrovacieho elektrónového mikroskopu s dobrým rozlíšením.

Proces vytvrdzovania rezistových masiek bombardovaním iónmi inertných plynov sa vykonáva v evakuovaných komorách, opatrených zdrojom zväzku iónov inertných plynov o maximálnej energii iónov 5 keV. Z inertných plynov je výhodnejšie použiť ióny s väčšou atómovou hmotnosťou, teda xenón, kryptón a argón. Väčšina zdrojov iónových zväzkov poskytuje zväzok iónov, v ktorom energie iónov pokrývajú spektrum energií od niekoľkých eV, až po niektorú medznú

energiu, ktorá pre účely vytvrdzovania rezistu je 5 keV. Na uhle dopadu zväzku príliš nezáleží. Výhodnejšími sú uhly väčšie ako 45° od roviny substrátu. K vytvrdzovaniu rezistu je potrebná dávka iónového zväzku do 300 coulomb na cm² plochy. Účinkom iónového bombardovania sa vyvolá zmena fyzikálno-chemických vlastností polymérneho rezistu, prejavujúceho sa zvýšením odolnosti voči leptaniu a elektronovému zväzku, ktorú nazývame vytvrdzovaním. U rezistových masiek vytvrdzovaných takýmto spôsobom dochádza v priebehu vytvrdzovania iba k minimálnemu odprašovaniu rezistu z čelnej plochy masky, pričom ostatné povrchy ostávajú prakticky zachované.

Príklad 1

Pre polymérnu masku sa použije vrstva polymetylmetakrylátu so strednou molekulovou hmotnosťou $5 \cdot 10^5$ o hrúbke 0,5 μ m. Po expozícii rezistu v elektrónovom litografu a jeho vyvolaní sa vytvorená maska vytvrdzuje zväzkom xenónových iónov, so spektrom energií o maximálnej hodnote 2,2 keV, v evakuovanej komore so suchým čerpacím systémom, aby sa vylúčil kontaminačný účinok zbytkových olejových pár. Iónový zdroj dáva zväzok o priemere 500 μ m a celkovom prúde 700 nA pri tlaku 10^{-3} Pa. K vytvrdeniu sa nechá pôsobiť iónový zväzok po dobu piatich minút. Vytvrdená polymérna maska umožňuje bez ďalších úprav mikroskopovanie v elektrónovom rastrovacom mikroskope s prúdom elektrónového zväzku 10 nA.

Príklad 2

Polymérna maska hrúbky 0,5 μ m z komerčne vyrábaného rezistu na báze chinondiazidov (SCR 11 fy Lachema Brno) sa vytvrdí rovnakým postupom ako je to uvedené v príklade 1. Vytvrdená polymérna maska umožňuje bez ďalších úprav mikroskopovanie v elektrónovom rastrovacom mikroskope.

Príklad 3

Vytvrdená maska podľa príkladu 1 sa použije pre tvarovanie nióbovej vrstvy na kremíkovom substráte iónovým leptaním. Použije sa rovnaký iónový zdroj ako v príklade 1. K odleptaniu nióbovej vrstvy o hrúbke 0,5 μ m potrebuje sa čas asi 30 minút. Vytvrdená polymérna maska sa iónovým zväzkom čiastočne tiež odleptáva, ale jej odolnosť voči iónovému zväzku je väčšia ako u masky z ľahkotaviteľných kovov, napr. hliníka. Zbytok vytvrdennej masky možno odstrániť v účinných rozpúšťadlách, napr. horúcou glykole.

Príklad 4

Pri elektrónomikroskopickom pozorovaní povrchu polypropylénu plneného molekulárne mletým bentonitom sa stretávame s podobnými problémami nestability vplyvom dopadajúceho elektrónového zväzku ako u litografických masiek. Na odstránenie tejto nestability použijeme vytvrdenie povrchu polymérnej vzorky zväzkom Xe-iónov rovnakým postupom, ako je to uvedené v príklade 1. Vytvrdené miesto na povrchu vzor-

ky umožňuje bez ďalších úprav priame pozorovanie v rastrovom elektrónovom mikroskope, pričom si zachováva charakteristické znaky disperzie bentonitu v polypropyléne.

Vynález môže nájsť široké použitie v technológiách pre výrobu integrovaných obvodov s mikrometrovými a submikrometrovými rozmermi, v ktorých sa používajú masky z polymérnych rezistov vytváraných technikou elektrónovej litografie.

PREDMET VYNÁLEZU

Spôsob vytvrdzovania polymérnych rezistov pre elektrónovú litografiu vyznačený tým, že polymérna maska sa pri tlaku pod 10^{-1} Pa bombarduje zväzkom iónov inert-

ných plynov s energetickým spektrom od 25 eV do 5 keV o nábojovej dávke od 3 do $300 \text{ C} \cdot \text{cm}^{-2}$.