



## Sposób wytwarzania kondensatora do układów scalonych

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania kondensatora do układów scalonych.

Dotychczas w technice znany jest sposób wytwarzania półprzewodnikowych kondensatorów w układach scalonych z książki B.M. Wilanowski "Układy scalone. Budowa, działanie, technologia", Wyd. Kom. i Łączności Warszawa 1989 str. 45, 46 polegający na zastosowaniu złącza p-n spolaryzowanego w kierunku zaporowym. Według tego sposobu otrzymuje się kondensatory o maksymalnej pojemności na jednostkę powierzchni wynoszącą 1200 pF/mm<sup>2</sup>, a kondensatory wytwarzane tym sposobem wymagają zasilania napięciem stałym, polaryzującym złącze p-n w kierunku zaporowym. Znany jest też z tej książki str. 43-45 kondensator, w którym pomiędzy okładkami umieszczono warstwę dielektryka. Górną okładkę kondensatora stanowi warstwa metalizacji, najczęściej aluminium, a dolną okładką jest warstwa silnie domieszkowanego półprzewodnika. Dielektryk stanowi SiO<sub>2</sub> i częściowo warstwa krzemu zubożona w nośniki ładunków przy powierzchni. Wykonanie takiego kondensatora wymaga dodatkowej operacji, polegającej na nanoszeniu cienkiej warstwy dielektryka oraz kontroli grubości tej warstwy. Kondensatory wytwarzane tym sposobem mają mniejszą pojemność, maksymalnie 500 pF/mm<sup>2</sup>, ale nie wymagają stałego zasilania.

W opisie zgłoszenia wynalazku [US2001051231A1](#) przedstawiono sposób poprawiania przewodności elektrycznej podłoża z metalu, stopu metalu lub tlenku metalu, obejmujący osadzanie małej lub mniejszej ilości metalu lub metali grupy VIIIA (Fe, Ru, Os, Co, Rh, Ir, Ni, Pd, Pt) lub metali grupy IA (Cs, Ag, Au) na podłożu z metalu, stopów metali i/lub tlenków metali z metali grupy IVA (Ti, Zr, Hf), metali grupy VA (V, Nb, Ta), grupy VIA metale (Cr, Mo, W) i Al, Mn, Ni i Cu, a następnie skierowanie wysokoenergetycznej wiązki na podłoże w celu wymieszania osadzonego materiału z naturalnym tlenkiem metalu podłoża lub stopu metalu. Naturalna warstwa tlenku została zmieniona z elektrycznie izolującej na elektrycznie przewodzącą. Etap osadzania można prowadzić, na przykład, za pomocą osadzania wspomaganego wiązką jonów, osadzania wiązką elektronów, chemicznego osadzania z fazy gazowej, fizycznego osadzania z fazy gazowej ze wspomaganie plazmowym, nisko ciśnieniowego osadzania plazmowego i plazmowego i tym podobnych. Wiązka wysokiej energii może być wiązką jonów ze źródła jonów o wysokiej energii lub może być wiązką laserową. Nanoszenie można wykonać na podłożu poddawanym lub niepoddawanym obróbce. Podłoże z naturalną warstwą tlenkową przewodzącą elektrycznie jest przydatne do wytwarzania elektrod do urządzeń takich jak kondensatory i baterie.

W opisie patentowym nr [PL174710B1](#) przedstawiono sposób wytwarzania kondensatorów półprzewodnikowych w układach scalonych polegający na umieszczeniu dielektryka między okładkami, z których jedna jest domieszkowaną warstwą półprzewodnika, a druga jest warstwą metalu naniesionego na dielektryk. Implantuje się płytkę krzemową dawką 10<sup>15</sup>–10<sup>16</sup> cm<sup>-2</sup> jonami tej samej domieszki jaką była domieszkowana płytka, wygrzewa się ją w temperaturze 1000°C–1050°C przez 10–20 minut i implantuje się domieszką neutralną: azotem, krzemem lub argonem z energiami dobranymi tak, aby zasięg jonów był mniejszy niż wytworzona poprzednio warstwa o podwyższonej

przewodności. Następnie wygrzewa się płytkę w temperaturze ze 380°C–450°C w czasie 10–20 minut. Uzyskuje się tym sposobem pojemność na jednostkę powierzchni 9000 pF/mm<sup>2</sup>.

W opisie patentowym nr PL216971B1 przedstawiono sposób wytwarzania bezuzwojeniowych indukcyjności do układów mikroelektronicznych polegający na nanoszeniu na płytkę podłożową z krzemu o rezystywności 10 Ω·cm pokrytą warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu o grubości 0,5 μm rozpylaniu magnetronowym ferromagnetycznego materiału  $(\text{Co}_{0,45}\text{Fe}_{0,45}\text{Zr}_{0,10})_{0,38}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{0,62}$  w atmosferze argonu o ciśnieniu  $5,19 \cdot 10^{-2}$  Pa i tlenu o ciśnieniu  $4,41 \cdot 10^{-2}$  Pa przez otwór w masce do fotolitografii do uzyskania grubości 1 μm. Przygotowaną w taki sposób płytkę podłożową poddaje się izotermicznemu wygrzewaniu stabilizującemu w temperaturze 575°C w czasie 15 minut. Tak dobrane parametry nanoszenia pozwalają na wytworzenie bezuzwojeniowej indukcyjności o indukcji 20 μH/μm<sup>3</sup> i rezystywności 10<sup>9</sup> Ω·m w zakresie częstotliwości powyżej 10 kHz.

W opisie patentowym nr PL218600B1 przedstawiono sposób wytwarzania szeregowego układu pojemność-indukcyjność do układów mikroelektronicznych polegający na nanoszeniu na płytkę podłożową z krzemu o rezystywności 10 Ω·cm pokrytą warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu o grubości 0,5 μm rozpylaniem magnetronowym ferromagnetycznego materiału  $(\text{Co}_{0,45}\text{Fe}_{0,45}\text{Zr}_{0,10})_{0,38}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{0,62}$  w atmosferze argonu o ciśnieniu  $5,19 \cdot 10^{-2}$  Pa i tlenu o ciśnieniu  $4,41 \cdot 10^{-2}$  Pa przez otwór w masce do fotolitografii do uzyskania grubości 1 μm. Przygotowaną w taki sposób płytkę podłożową poddaje się izotermicznemu wygrzewaniu stabilizującemu w temperaturze 550°C w czasie 15 minut. Tak dobrane parametry nanoszenia pozwalają na wytworzenie szeregowego układu pojemność-indukcyjność, który wykazuje, że w obszarze częstotliwości do 10<sup>4</sup> Hz występuje ujemny kąt przesunięcia fazowego charakterystyczny dla pojemności, a w obszarze powyżej 10<sup>4</sup> Hz dodatni kąt przesunięcia fazowego charakterystyczny dla indukcyjności.

W opisie patentowym nr PL219975B1 przedstawiono sposób wytwarzania bezuzwojeniowych indukcyjności do układów mikroelektronicznych polegający na nanoszeniu na płytkę podłożową z krzemu o rezystywności 10 Ω·cm pokrytą warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu o grubości 0,5 μm rozpylaniem jonowym materiału  $(\text{FeCoZr})_{0,28}[\text{Pb}_{0,81}\text{Sr}_{0,04}(\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5})_{0,15}(\text{Zr}_{0,575}\text{Ti}_{0,425})\text{O}_3]_{0,72}$  w czasie 134 minut w atmosferze argonu o ciśnieniu  $6,67 \cdot 10^{-2}$  Pa i tlenu o ciśnieniu  $3,2 \cdot 10^{-3}$  Pa przez otwór w masce do fotolitografii do uzyskania grubości 1 μm. Tak dobrane parametry nanoszenia pozwalają na wytworzenie obszaru bezuzwojeniowej indukcyjności o indukcji względnej 20 μH/μm<sup>3</sup> i rezystywności 10<sup>9</sup> Ω·m w zakresie częstotliwości powyżej 10 kHz.

W opisie patentowym nr PL222093B1 przedstawiono sposób wytwarzania bezuzwojeniowej indukcyjności do układów mikroelektronicznych polegający na nanoszeniu na płytkę podłożową z krzemu o rezystywności 10 Ω·cm pokrytą warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu o grubości 0,5 μm rozpylaniem jonowym materiału  $(\text{FeCoZr})_{45,7}(\text{CaF}_2)_{54,3}$  w atmosferze argonu o ciśnieniu  $1,1 \cdot 10^{-1}$  Pa przez otwór w masce do fotolitografii do uzyskania grubości 1 μm. Tak dobrane parametry nanoszenia pozwalają na wytworzenie obszaru bezuzwojeniowej indukcyjności o indukcji względnej 20 μH/μm<sup>3</sup> i rezystywności 10<sup>9</sup> Ω·m w zakresie częstotliwości powyżej 9 kHz.

W opisie patentowym nr PL222094B1 przedstawiono sposób wytwarzania szeregowego układu pojemność-indukcyjność do układów scalonych polegający na nanoszeniu na płytkę podłożową z krzemu o rezystywności 10 Ω·cm pokrytą warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu o grubości 0,5 μm

rozpylaniem jonowym materiału  $(\text{FeCoZr})_{62,7}(\text{CaF}_2)_{37,3}$  w atmosferze argonu i tlenu w zakresie ciśnień argonu  $8,5 \cdot 10^{-2}$  Pa oraz tlenu  $4,3 \cdot 10^{-2}$  Pa przez otwór w masce do fotolitografii do uzyskania grubości 1  $\mu\text{m}$ . Tak dobrane parametry nanoszenia pozwoliły na wytworzenie obszaru układu pojemność-indukcyjność. Przygotowaną w taki sposób płytkę podłożową poddano izotermicznemu wygrzewaniu stabilizującemu w temperaturze 150°C w czasie 10 – 20 minut. Uzyskano warstwę o bezuzwojeniowej indukcyjności o indukcji względnej 100  $\mu\text{H}/\mu\text{m}^3$  i pojemności z przenikalnością dielektryczną względną 10000 w jednym procesie technologicznym.

W opisie patentowym nr PL227866B1 przedstawiono sposób wytwarzania bezuzwojeniowej indukcyjności do układów mikroelektronicznych polegający na nanoszeniu na płytkę podłożową z krzemu o rezystywności 10  $\Omega \cdot \text{cm}$  pokrytą warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu o grubości 0,5  $\mu\text{m}$  rozpylaniem jonowym materiału  $\text{Cu}_{35,63}(\text{SiO}_2)_{63,37}$  w atmosferze argonu o ciśnieniu  $4 \cdot 10^{-3}$  Pa przez otwór w masce do fotolitografii do uzyskania grubości 1  $\mu\text{m}$ . Tak dobrane parametry nanoszenia pozwalają na wytworzenie obszaru bezuzwojeniowej indukcyjności o indukcji względnej 20  $\mu\text{H}/\mu\text{m}^3$  i rezystywności  $10^9 \Omega \cdot \text{m}$  w zakresie częstotliwości powyżej 500 kHz.

W opisie patentowym nr PL235371B1 przedstawiono sposób wytwarzania kondensatorów do układów scalonych polegający na nanoszeniu na płytkę podłożową z krzemu pokrytą warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu o grubości 0,5  $\mu\text{m}$  rozpylaniem jonowym materiału  $(\text{FeCoZr})_{51,7}(\text{Pb}_{0,81}\text{Sr}_{0,04}(\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5})_{0,15}(\text{Zr}_{0,575}\text{Ti}_{0,425})\text{O}_3)_{48,3}$  w atmosferze argonu i tlenu o ciśnieniu argonu  $6,7 \cdot 10^{-3}$  Pa i tlenu  $3,2 \cdot 10^{-3}$  Pa przez otwór w masce do fotolitografii do uzyskania grubości 1  $\mu\text{m}$ . Następnie wykonano wygrzewanie stabilizujące w temperaturze 325°C, w czasie 15 minut. Tak dobrane parametry nanoszenia pozwalają na wytworzenie obszaru o wysokiej przenikalności dielektrycznej. Powierzchnia kondensatora wynosiła 10  $\text{mm}^2$ , oznacza to, że pojemność na jednostkę powierzchni wynosi 14000 pF/ $\text{mm}^2$  czyli ponad 1,55 razy więcej niż w kondensatorach produkowanych w dotychczasowy sposób.

W opisie patentowym nr PL237545B1 przedstawiono sposób wytwarzania kondensatorów do układów scalonych polegający na nanoszeniu na płytkę podłożową z krzemu o rezystywności 10  $\Omega \cdot \text{cm}$  pokrytą warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu o grubości 0,5  $\mu\text{m}$  rozpylaniem jonowym materiałem  $(\text{Ti}_{0,5}\text{Zr}_{0,5})\text{C}$  w atmosferze argonu o ciśnieniu 0,15 Pa do uzyskania grubości 15 nm. Tak dobrane parametry nanoszenia pozwoliły na wytworzenie obszaru o wysokiej przenikalności dielektrycznej. Powierzchnia kondensatora wynosiła 12  $\text{mm}^2$ , oznacza to, że pojemność na jednostkę powierzchni wynosi 13600 pF/ $\text{mm}^2$  czyli jest większa o 1,51 razy niż w kondensatorach produkowanych w dotychczasowy sposób.

W opisie patentowym nr PL237546B1 przedstawiono sposób wytwarzania kondensatorów do układów scalonych polegający na nanoszeniu na płytkę podłożową z krzemu o rezystywności 10  $\Omega \cdot \text{cm}$  pokrytą warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu o grubości 0,5  $\mu\text{m}$  rozpylaniem jonowym materiałem  $(\text{Ti}_{0,75}\text{Zr}_{0,25})\text{C}$  w atmosferze argonu o ciśnieniu 0,15 Pa do uzyskania grubości 20 nm. Tak dobrane parametry nanoszenia pozwoliły na wytworzenie obszaru o wysokiej przenikalności dielektrycznej. Powierzchnia kondensatora wynosiła 12  $\text{mm}^2$ , oznacza to, że pojemność na jednostkę powierzchni wynosi 15300 pF/ $\text{mm}^2$  czyli jest większa o 1,70 razy niż w kondensatorach produkowanych w dotychczasowy sposób.

W opisie patentowym nr PL237547B1 przedstawiono sposób wytwarzania kondensatorów do układów scalonych polegający na nanoszeniu na płytkę podłożową z krzemu o rezystywności  $10 \Omega \cdot \text{cm}$  pokrytą warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu o grubości  $0,5 \mu\text{m}$  rozpylaniem jonowym materiałem  $(\text{Ti}_{0,25}\text{Zr}_{0,75})\text{C}$  w atmosferze argonu o ciśnieniu  $0,15 \text{ Pa}$  do uzyskania grubości  $12 \text{ nm}$ . Tak dobrane parametry nanoszenia pozwoliły na wytworzenie obszaru o wysokiej przenikalności dielektrycznej. Powierzchnia kondensatora wynosiła  $12 \text{ mm}^2$ , oznacza to, że pojemność na jednostkę powierzchni wynosi  $13650 \text{ pF/mm}^2$  czyli jest większa o  $1,52$  razy niż w kondensatorach produkowanych w dotychczasowy sposób.

W opisie patentowym nr PL237548B1 przedstawiono sposób wytwarzania kondensatorów do układów scalonych polegający na nanoszeniu na płytkę podłożową z krzemu o rezystywności  $10 \Omega \cdot \text{cm}$  pokrytą warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu o grubości  $0,5 \mu\text{m}$  rozpylaniem jonowym materiałem  $\text{ZrC}$  w atmosferze argonu o ciśnieniu  $0,15 \text{ Pa}$  do uzyskania grubości  $10 \text{ nm}$ . Tak dobrane parametry nanoszenia pozwoliły na wytworzenie obszaru o wysokiej przenikalności dielektrycznej. Powierzchnia kondensatora wynosiła  $12 \text{ mm}^2$ , oznacza to, że pojemność na jednostkę powierzchni wynosi  $15900 \text{ pF/mm}^2$  czyli jest większa o  $1,77$  razy niż w kondensatorach produkowanych w dotychczasowy sposób.

W opisie patentowym nr PL237549B1 przedstawiono sposób wytwarzania kondensatorów do układów scalonych polegający na nanoszeniu na płytkę podłożową z krzemu o rezystywności  $10 \Omega \cdot \text{cm}$  pokrytą warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu o grubości  $0,5 \mu\text{m}$  rozpylaniem jonowym materiałem  $\text{TiC}$  w atmosferze argonu o ciśnieniu  $0,15 \text{ Pa}$  do uzyskania grubości  $12 \text{ nm}$ . Tak dobrane parametry nanoszenia pozwoliły na wytworzenie obszaru o wysokiej przenikalności dielektrycznej. Powierzchnia kondensatora wynosiła  $12 \text{ mm}^2$ , oznacza to, że pojemność na jednostkę powierzchni wynosi  $13500 \text{ pF/mm}^2$  czyli jest większa o  $1,50$  razy niż w kondensatorach produkowanych w dotychczasowy sposób.

Problemem technicznym do rozwiązania jest potrzeba zwiększenia pojemności jednostkowej kondensatorów wchodzących w skład układów scalonych.

Istotą sposobu wytwarzania kondensatorów do układów scalonych na płytce podłożowej z krzemu, pokrytej warstwą izolacyjną z dwutlenku krzemu poddanej wcześniej wszystkim operacjom technologicznym wymaganym do wykonania układu scalonego jest to, że wykonuje się naniesienie rozpylaniem jonowym warstwy materiału  $\text{Zr}_{0,5}\text{Mo}_{0,5}\text{C}$  w atmosferze argonu w zakresie ciśnienia od  $0,15 \text{ Pa}$  do  $0,25 \text{ Pa}$ .

Podwyższona pojemność na jednostkę powierzchni kondensatorów w układach scalonych związana jest z wysoką przenikalnością dielektryczną warstwy  $\text{Zr}_{0,5}\text{Mo}_{0,5}\text{C}$ .

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na zwiększenie pojemności kondensatorów na jednostkę powierzchni i na wytwarzanie układów scalonych zawierających duże pojemności, bez konieczności zwiększania powierzchni całego układu scalonego. Zmniejsza się również powierzchnię istniejących już układów, dzięki zmniejszeniu powierzchni zajmowanej przez kondensatory.

Sposób według wynalazku został objaśniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym przedstawia przekrój poprzeczny płytki podłożowej z wytworzonym obszarem o wysokiej przenikalności dielektrycznej.

Warstwa naporowana 1 przy użyciu rozpylania jonowego 6 na warstwie izolacyjnej 2 z dwutlenku krzemu na płytce podłożowej 3 z krzemu poddanej wcześniej wszystkim operacjom technologicznym wymaganym do wykonania układu scalonego i z warstwami metalizacji 4 oraz maską 5 do fotolitografii wykonany jest sposobem według wynalazku.

5

#### Przykłady

We wszystkich przykładach wykonania płytkę podłożową 3 z krzemu o rezystywności  $10 \Omega \cdot \text{cm}$  pokrytą warstwą izolacyjną 2 z dwutlenku krzemu o grubości  $0,5 \mu\text{m}$  poddano nanoszeniu rozpylaniem jonowym 6 materiałem  $\text{Zr}_{0,5}\text{Mo}_{0,5}\text{C}$  w atmosferze argonu o ciśnieniu przedstawionym w tabeli do uzyskania grubości 12 nm. Tak dobrane parametry nanoszenia pozwoliły na wytworzenie obszaru 1 o wysokiej przenikalności dielektrycznej. Powierzchnia kondensatora wynosiła  $12 \text{ mm}^2$ , oznacza to, że pojemność na jednostkę powierzchni przedstawiona w tabeli jest większa niż w kondensatorach produkowanych w dotychczasowy sposób – krotność przedstawiono w tabeli.

15 Tabela

| Ciśnienie argonu, Pa |      | Pojemność na jednostkę powierzchni, pF/mm <sup>2</sup> | Pojemność na jednostkę powierzchni większa pojemności kondensatorów produkowanych w dotychczasowy sposób |
|----------------------|------|--|--|
| minimalne            | 0,15 | 16695  | większa o 1,05 razy  |
| korzystne            | 0,20 | 17650  | większa o 1,13 razy  |
| maksymalne           | 0,25 | 17970  | większa o 1,09 razy  |

RZECZNIK PATENTOWY

*Maciej Nowicki*  
mgr inż. Maciej Nowicki  
Nr wp. 3476

## Wykaz oznaczeń

- 1 – warstwa naparowana
- 2 – warstwa izolacyjna
- 3 – płytka podłożowa
- 5 4 – warstwa metalizacji
- 5 – maska
- 6 – nanoszenie rozpylaniem jonowym