

Metoda kontrolowanego zaokrąglania płytek krzemowych

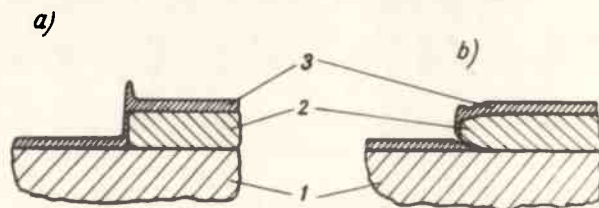
Wstęp

Kontrolowane zaokrąglanie krawędzi płytek krzemowych znajduje coraz większe zastosowanie w produkcji przyrządów półprzewodnikowych.

I tak w przyrządach, których konstrukcja jest oparta na warstwie epitaksjalnej o grubości kilkudziesięciu mikrometrów, zaokrąglenie brzegów płytek podłożowych zapobiega ich pękaniu w trakcie studzenia na grzejniku grafitowym, po naniesieniu warstwy. Wzrostowi epitaksjalnemu na powierzchni płytki podłożowej towarzyszy bowiem narastanie krzemu polikrystalicznego na grzejniku grafitowym oraz na ściankach bocznych płytek.

W rezultacie płytka jest obrośnięta warstwą polikrystalicznego krzemu i podczas stygnięcia grzejnika ulega ścisnaniu przez tę warstwę, co powoduje znaczne jej wygięcie a nawet pęknięcie. Zaokrąglenie krawędzi płytki znacznie zmniejsza to niebezpieczeństwo, co zilustrowano na rys. 1.

Na płytkach z zaokrąglonymi krawędziami w mniejszym stopniu występuje również „korona”. Na rysunku 2. przedstawiono profile powierzchni płytek z warstwą epitaksjalną na płytce podłożowej z krawędzią ostrą i zaokrągloną.



Rys. 1. Płytki krzemowe na grzejniku grafitowym po procesie epitaksji
1 – grzejnik grafitowy, 2 – płytka podłożowa, 3 – narosty krzemu; a) płytka podłożowa z ostrymi krawędziami, b) płytka podłożowa z zaokrąglonymi krawędziami



Rys. 2. Profil powierzchni płytki z warstwą epitaksjalną, z wystającą „koroną”
a) płytka podłożowa z ostrymi krawędziami, b) płytka podłożowa z zaokrąglonymi krawędziami

Drugim procesem, którego prawidłowość zależy od profilu krawędzi płytki jest fotolitografia. Zaokrąglenie eliminuje powstawanie zgrubienia emulsji na krawędzi.

Właściwe ukształtowanie krawędzi płytek zwiększa ich odporność na uszkodzenia mechaniczne. Jest to szczególnie istotne w technologii układów scalonych, w związku z coraz powszechniejszym stosowaniem podajników mechanicznych w automatycznych liniach technologicznych. Należy pamiętać, że zwiększanie średnicy płytek

(a zatem i ich ciężaru) zwiększa prawdopodobieństwo powstawania wykruszeń i odprysków.

Kontrolowane zaokrąglanie krawędzi płytek krzemowych jest również wymagane w technologii tyrystorów energetycznych i diod wysokonapięciowych. Właściwe ukształtowanie krawędzi płytek ma na celu polepszenie charakterystyk napięciowych przyrządów.

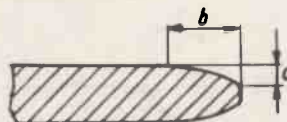
1. Metody zaokrąglania krawędzi płytek krzemowych

Znane są dwa typy metod zaokrąglania krawędzi płytek krzemowych: mechaniczny i chemiczny.

Istnieje wiele strzeżonych patentami konstrukcji urządzeń do indywidualnej lub grupowej obróbki mechanicznej krawędzi płytek [1], [2]. W zależności od rozwiązania układu płytka-narzędzie cierne, kształt zaokrąglenia jest zbliżony bądź do płaskiej fazki, bądź do elipsy.

W opisanych w literaturze metodach chemicznych [3] wykorzystano szybsze strawianie krawędzi płytek niż jej powierzchni*. W standardowej technologii obróbki płytek krzemowych strawia się $30 \div 40 \mu\text{m}$ materiału, łącznie z obu stron. Zastosowanie głębokiego trawienia nadaje krawędzi płytce kształt ukazany na rys. 3.

Rys. 3. Kształt krawędzi płytce krzemowej zaokrąglonej metodą chemiczną



Wyniki prowadzonych przez nas prób zaokrąglania krawędzi poprzez głębokie trawienie przedstawiono w tabl. 1. W miarę zwiększania grubości strawionej warstwy krzemu wzrasta znacznie wartość parametru b (zob. rys. 3.), czyli pogarsza się płaskorównoległość płytce. Oczywistą wadą tej metody jest poza tym duża strata materiału.

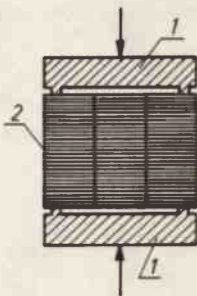
TABLICA 1. Parametry płytek zaokrąglonych poprzez głębokie trawienie

Grubość strawionego krzemu łącznie z obu stron	50 μm	70 μm	100 μm
a (μm)	10 \div 13	15 \div 25	23 \div 31
b (μm)	3100 \div 4500	3400 \div 6000	3500 \div 6500

2. Chemiczne zaokrąglanie krawędzi płytek zebranych w pakiet

Wady głębokiego trawienia zostały wyeliminowane w metodzie chemicznego trawienia krawędzi płytek zebranych w pakiet, jak to pokazano na rys. 4. [4]. W tym przypadku czynnik trawiący działa tylko na krawędzie płytek, nie ma natomiast dostępu do pozostałej powierzchni płytek. Umocowany w uchwycie pakiet płytek jest umieszczony w naczyniu z mieszaniną trawiącą. W przedstawionych tu badaniach jako mieszaniny trawiącej użyto powszechnie stosowanej do trawienia krzemu mieszaniny kwasów $\text{HF-HNO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$ w proporcji 1:5:4, z dodatkiem J_2 . Metoda daje możliwość jednoczesnego trawienia obu krawędzi dowolnej liczby płytek, na ogół ok. 200 szt. Przez prostą wymianę krążków dociskowych w uchwycie można zaokrąglać płytce o dowolnych średnicach oraz regulować wielkość parametru b . Wymagany czas trawienia płytek wynosi kilkadziesiąt sekund. Proces trawienia w jednej porcji mieszaniny można prowadzić wielokrotnie, zwiększając odpowiednio czas trwania procesu.

*) Przy stosowaniu mieszanek trawiących o odpowiednim składzie

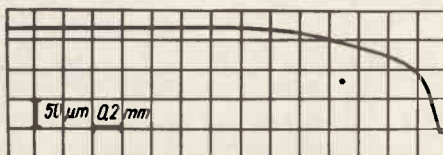


Rys. 4. Pakiet płytek pomiędzy krążkami dociskowymi
1 – krążki dociskowe, 2 – płytki krzemowe (zaznaczone ścieżki bazowe)

W tabelicy 2 przedstawiono przykład trawienia w jednej porcji mieszaniny pięciu kolejnych pakietów, składających się z 200 szt płytek krzemu (111) o średnicy 51 mm, z żądanymi wartościami parametrów: $a - 60 \div 80 \mu\text{m}$ i $b - 1,0 \div 1,5 \text{ mm}$. Profilogram zaokrąglonej krawędzi przykładowej płytki pokazany na rys. 5.

TABLICA 2. Zmiana czasu trwania kolejnej operacji trawienia w jednej porcji mieszaniny

Kolejne trawienie w jednej porcji mieszaniny	1	2	3	4	5
Czas trawienia (s)	50	50	55	60	70



Rys. 5. Profil krawędzi płytki krzemowej zaokrąglonej przez trawienie w pakiecie

Wydatność metody jest bardzo duża i może być ona z powodzeniem stosowana w produkcji masowej. W porównaniu z kosztem urządzenia do fazowania mechanicznego koszt oprzyrządowania stosowanego w opisanej metodzie jest wielokrotnie mniejszy.

3. Podsumowanie

Przedstawiona metoda chemicznego trawienia krawędzi płytek krzemowych zebranych w pakiet gwarantuje kontrolowane, powtarzalne zaokrąglenie krawędzi.

Stosowanie płytek z zaokrąglonymi krawędziami w technologii przyrządów półprzewodnikowych zwiększa wydajność szeregu operacji, takich jak epitaksja i fotolitografia. Zmniejszeniu ulega również ilość uszkodzeń mechanicznych krawędzi w międzyoperacyjnym transporcie płytek.

LITERATURA

- Hoshi K, Sugita K.: *Machine for grinding on edge contour on a semiconductor wafer*. US Pat. 3.834, 083, 1974.
- Kuźma J.: *Urządzenie do wykonywania fazki na przedmiotach cylindrycznych, zwłaszcza na kryształach półprzewodnikowych*. Pat. PRL 76 212, 1975.
- Herring R. B.: *Silicon wafer technology – state of the art 1976*. *Solid State Technol.* 5, 1976, 37.
- Grudziński A. i inni: *Sposób zaokrąglania krawędzi płytek krzemu i urządzenie do stosowania tego sposobu*. Zgłoszenie pat. p-20 1792, 1977.