

OSRODEK
NAUKOWO-
PRODUKCYJNY
MATERIAŁÓW
PÓŁPRZEWODNIKOWYCH
WARSZAWA

PRACE ONPMP

**NIEKTÓRE PROBLEMY POPRAWY
PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH
POLEROWANYCH PŁYTEK KRZEMOWYCH**

**WPŁYW WARUNKÓW POLEROWANIA
NA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI
PŁYTEK KRZEMOWYCH**

**ZASTOSOWANIE
METODY KARBAMINIANOWEJ
DO OZNACZANIA ŚLADOWYCH ILOŚCI
ARSENU W TRÓJCHLORKU FOSFORU,
TLENOCHLORKU FOSFORU
I TRÓJTLENKU BORU
DO CELÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH**

1978

Zeszyt 2

**OŚRODEK NAUKOWO-PRODUKCYJNY
MATERIAŁÓW PÓLPRZEWODNIKOWYCH**

**Bronisław PIĄTKOWSKI
Anna CZERWIŃSKA
Krzysztof BIELICKI**

**NIEKTÓRE PROBLEMY POPRAWY
PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH
POLEROWANYCH
PŁYTEK KRZEMOWYCH**

**Anna CZERWIŃSKA
Krzysztof BIELICKI
Bronisław PIĄTKOWSKI**

**WPŁYW WARUNKÓW POLEROWANIA
NA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI
PŁYTEK KRZEMOWYCH**

Janina WITKOWSKA

**ZASTOSOWANIE METODY
KARBAMINIANOWEJ
DO OZNACZANIA ŚLADOWYCH ILOŚCI
ARSENU W TRÓJCHLORKU FOSFORU,
TLENOCHLORKU FOSFORU
I TRÓJTLENKU BORU
DO CELÓW PÓLPRZEWODNIKOWYCH**

Wydawnictwa Przemysłu Maszynowego „WEMA”

KOLEGIUM REDAKCYJNE

Redaktor Naczelny: Bolesław JAKOWLEW
Z-ca Redaktora Naczelnego: Paweł DRZEWIECKI

Redaktorzy Działowi:

Jan BEKISZ
Bohdan CISZEWSKI
Zenon HORUBAŁA
Andrzej HRUBAN
Czesław JAWORSKI
Edward SZABELSKI
Andrzej TACZANOWSKI
Władysław WŁOSIŃSKI

Sekretarz Redakcji: Krystyna GÓRSKA

Adres Redakcji:

ul. Konstruktorska 6, 02 673 Warszawa
tel. 43-74 61, 43 54-24

Anna CZERWIŃSKA

Krzysztof BIELICKI

Bronisław PIĄTKOWSKI

WPLYW WARUNKÓW POLEROWANIA NA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI PŁYTEK KRZEMOWYCH

WSTĘP

Rozwój miniaturyzacji elementów półprzewodnikowych pociągnął za sobą wzrost wymagań dotyczących parametrów geometrycznych, jakości powierzchni i czystości płytek krzemowych.

Polerowanie mechaniczno-chemiczne, jako ostatni etap procesu obróbki płytek, ma decydujący wpływ na jakość powierzchni. Grubość warstwy krzemu usuwanej w czasie tego procesu wynosi $35 \pm 45 \mu\text{m}$. W porównaniu z innymi etapami obróbki proces polerowania jest wolny. Przyspieszyć go można przez stosowanie środka polerskiego o większej ziarnistości, zwiększenie nacisku jednostkowego na powierzchnię płytki oraz stosowanie tkaniny polerskiej o odpowiedniej fakturze. Z reguły jednak zwiększenie szybkości polerowania pociąga za sobą pogorszenie gładkości powierzchni. Jakość tej powierzchni jest szczególnie istotna przy produkcji płytek przeznaczonych do wytwarzania układów scalonych MOS LSI, w których wymiary komórki elementarnej są rzędu $5 \mu\text{m}$, a upakowanie osiąga 500 elementów na 1 mm^2 . Wysokie wymagania dotyczące powierzchni polerowanej narzucają konieczność dokładnej znajomości wpływu warunków prowadzenia procesu polerowania na gładkość uzyskanej powierzchni.

W produkcji płytek przeznaczonych pod układy bipolarne o małej i średniej skali integracji, nie wymagających powierzchni o tak dużej gładkości jak płytki pod układy MOS LSI, wystarczającą była ocena powierzchni dokonywana nieuzbrojonym okiem w świetle epilampy. Zbadanie powierzchni płytek przeznaczonych pod MOS LSI wymaga stosowania dokładniejszych metod oceny.

1. METODY OCENY JAKOŚCI POWIERZCHNI POLEROWANEJ

Ocena jakości powierzchni płytki krzemowej polerowanej jest dość trudna, przy wysokiej gładkości stosowane metody są często subiektywne i nie dają jednoznacz-

nych wyników. Brak jednoznacznych metod oceny gładkości powierzchni i powszechnie przyjętych kryteriów powoduje, że jedyną metodą jest porównywanie rezultatów badań różnie obrabionych powierzchni. Jako punkt odniesienia można przyjąć powierzchnię płytek, z których wykonane elementy charakteryzują się wymaganymi parametrami oraz założonym uzyskiem.

Najczęściej stosuje się ocenę jakości powierzchni płytek polerowanych metodą obserwacji pod mikroskopem wyposażonym w przystawkę Nomarskiego /kontrast interferencyjny/. Stosowany najczęściej zakres powiększeń wynosi od 50 do 150 razy. Metoda ta służy do porównawczej oceny jakości powierzchni polerowanej i z tego też względu postępowanie się nią wymaga wykonania fotografii powierzchni wzorcowych. Wzorce o wymaganej jakości powierzchni powinny być wybrane na podstawie wyników badań elipsometrycznych tych samych płytek. Mając wzorce do dyspozycji, metodą obserwacji pod mikroskopem można uzyskać stosunkowo szybką i dokładną ocenę gładkości powierzchni bez niszczenia płytek poddawanych obserwacji.

Inną metodą badania chropowatości jest wykonanie profilu powierzchni płytki przy użyciu profilografu, jednak stosowanie tego urządzenia do badań powierzchni polerowanych jest ograniczone czułością aparatu. Tym niemniej bardzo czułe profilografy można stosować do przybliżonej oceny gładkości powierzchni. Ze względu na niszczący pomiar metoda ta nie znajduje szerokiego zastosowania.

Najprostszym sposobem przydatnym do przybliżonej oceny gładkości powierzchni polerowanej płytek w procesie produkcyjnym jest metoda polegająca na obserwacji obrazu żarzącego się włókna żarówki na wypolerowanej powierzchni płytki. Wykorzystuje się tu zjawisko odbicia strumienia światła padającego na lustrzaną powierzchnię. Zależnie od gładkości powierzchni odbicie to następuje w jednym /idealnie gładka powierzchnia/ lub w wielu kierunkach /powierzchnia chropowata/. Na powierzchni płytek o wysokiej gładkości, nie można zaobserwować obrazu żarzącego się włókna żarówki, na powierzchni płytek o gorszej gładkości obraz ten jest bardzo wyraźny. W celu ułatwienia obserwacji przeprowadza się ocenę używając epilampy ze strumieniem światła tak ustawionym, aby na ekranie umieszczonym w miejscu przeznaczonym dla płytki widoczny był wyraźny obraz włókna żarówki. Nie zmieniając ustawienia epilampy, w miejscu ekranu umieszcza się płytkę. Należy jednak zdawać sobie sprawę z tego, że zabrudzenia na powierz-

chni płytki powodują błędną ocenę, ponieważ padające światło "ulega rozproszeniu" na zanieczyszczeniach.

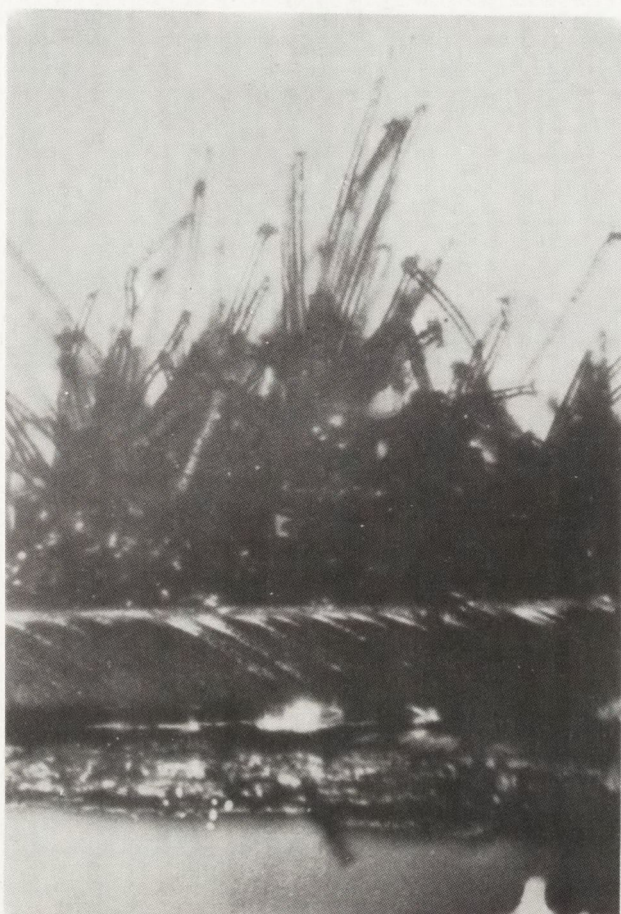
Dokładną metodą określenia jakości powierzchni polerowanych płytek krzemowych jest metoda elipsometryczna. Daje ona możliwości badania nie tylko chropowatości wypolerowanych powierzchni /wartość współczynnika ekstynkcji na powierzchni płytki - K_p /, określenia głębokości przy powierzchniowej warstwy zaburzonej /głębokość warstwy o zmienionym współczynniku ekstynkcji - d_z /, ale również grubości warstwy tlenku na powierzchni /wartość d_1 / . Przedstawienie wyników w postaci liczbowej umożliwia obiektywną ocenę jakości powierzchni.

Omówienia metody - z zastosowaniem do badania powierzchni krzemowych płytek polerowanych - podano w pracy A. Kamińskiej i T. Piotrowskiego: "Elipsometryczna metoda oceny jakości powierzchni polerowanego krzemu". Zarówno sposób przeprowadzenia pomiarów, jak i interpretacja wyników są bardzo pracochłonne i skomplikowane; z tego względu metoda ta nie kwalifikuje się do stosowania w procesie produkcyjnym.

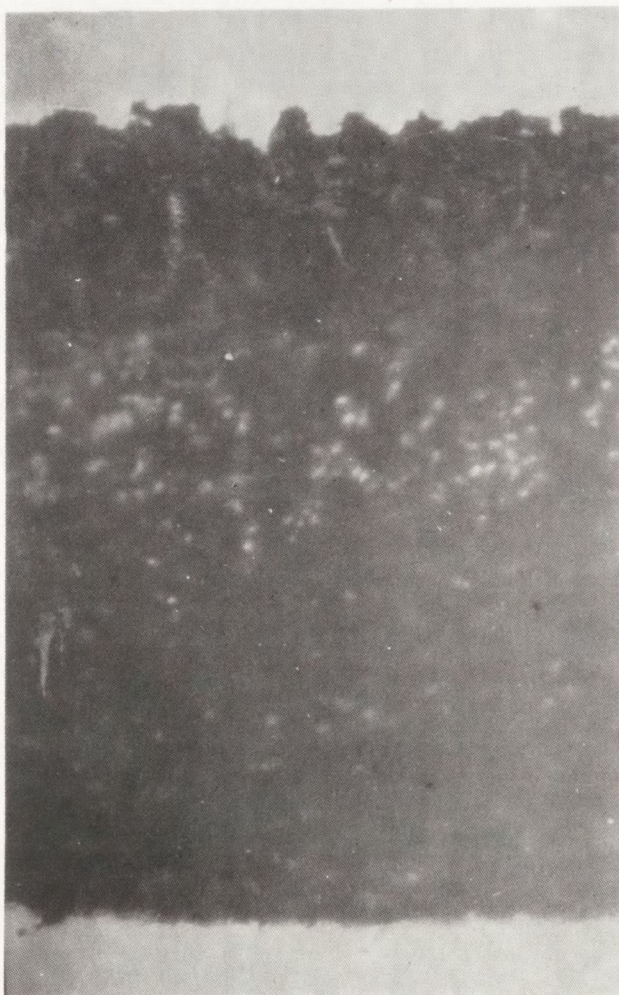
2. WYBÓR MATERIAŁÓW POLERSKICH

Do prób wytypowano trzy rodzaje tkanin polerskich: Alkorfol /produkcji francuskiej/, Politex Supreme /produkcji USA/ oraz Polcorfam /produkcji krajowej/. Tkaniny te składają się z dwóch warstw, przy czym zewnętrzną warstwę czynną tkaniny Alkorfol nakłada się metodą flokowania /rys. 1/, a w tkaninach Politex Supreme /rys. 2/ oraz Polcorfam /rys. 3/ powierzchnię czynną stanowi warstwa porowatego poliuretanu. Tkanina Alkorfol charakteryzuje się najdłuższym włosem, natomiast tkanina Politex Supreme najkrótszym. Biorąc pod uwagę wyniki przeprowadzonych prac można zaobserwować zależności między długością włosków tkaniny a szybkością polerowania i gładkością powierzchni polerowanej. Na tkaninie Alkorfol uzyskuje się większe szybkości polerowania, natomiast powierzchnia nie ma takiej gładkości jak powierzchnia wypolerowana na tkaninie o krótszym włosie.

Obecnie najczęściej stosowanymi środkami polerskimi w przemyśle półprzewodnikowym są alkaliczne roztwory krzemionki, dostępne w formie gotowych mieszanin, np. Ludox, Glanzox, Titox, Syton bądź przygotowane z krzemionki bezpośrednio przed procesem polerowania. Do badań wytypowano mieszaninę polerską przygotowaną z krzemionki QUSO G-32 oraz - dla porównania - dwa gotowe środki po-



Rys. 1. Przekrój tkaniny Alkorfol /pow. 50x/



Rys. 2. Przekrój tkaniny Politec Supreme /pow.
50x/



Rys. 3. Przekrój tkaniny Polcorfam /pow. 50x/

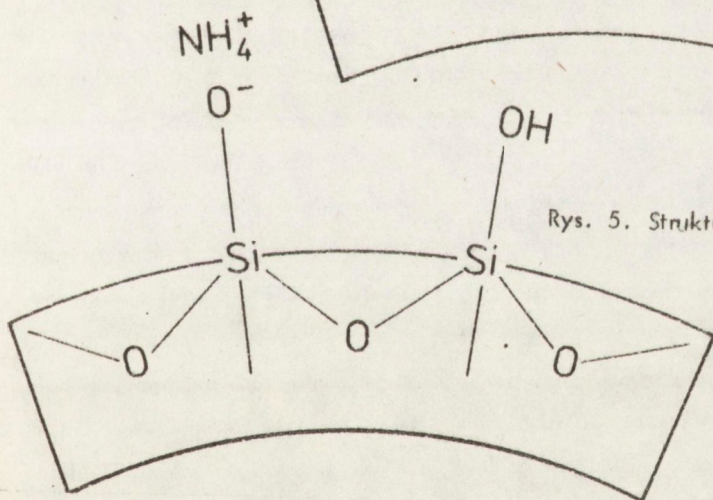
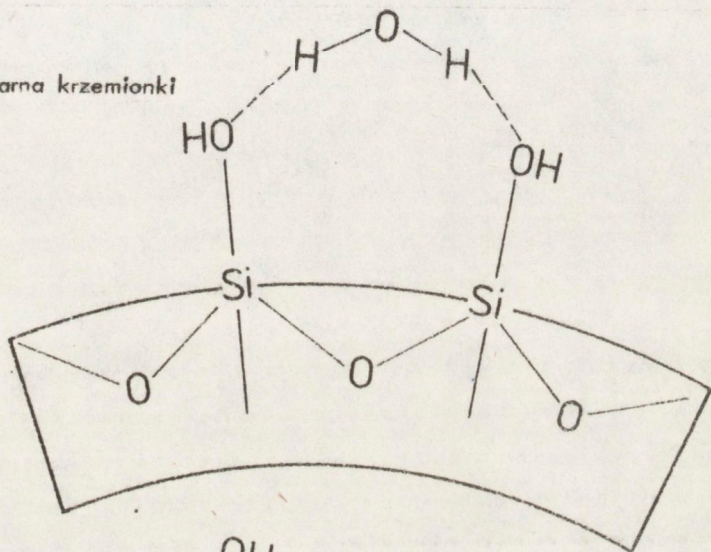


Rys. 6. Obraz powierzchni płytki wypolerowanej
na tkaninie Polcorfam gorszej jakości
/pow. 50x/

lerskie: Ludox AS i Glanzox 3250, zalecane przez producentów do polerowania płytek przeznaczonych do produkcji układów MOS LSI.

Krzemionka QUSO produkowana jest przez firmę Philadelphia Quartz Co. Wielkość ziaren krzemionki wynosi ok. $0,014 \mu\text{m}$; ziarna te tworzą aglomeraty o wielkości $1 \pm 1,5 \mu\text{m}$. Strukturę krzemionki przedstawiono na rys. 4. Ludox jest alkalicznym roztworem krzemionki koloidalnej, zawierającym dodatki mające na celu stabilizowanie roztworu koloidalnego. Strukturę Ludoxu przedstawiono na rys. 5.

Rys. 4. Struktura ziarna krzemionki



Rys. 5. Struktura ziarna Ludoxu AS

Środek polerski Glanzox 3250 produkcji firmy Fujimi jest 10-procentową zawiesiną krzemionki o wielkości ziarna $0,013 \mu\text{m}$ w wodzie amoniakalnej.

Ze względu na stosunkowo niską cenę krzemionki i łatwość przyrządzania mieszanin polerskich alkaliczne roztwory krzemionki QUSO G-32 przygotowane bezpośrednio przed polerowaniem używane są przez większość firm produkujących płytki krzemowe.

3. OPIS PRZEPROWADZONYCH BADAN

W celu wyeliminowania błędów wynikających z niejednorodności monokryształów krzemu użyto do badań płytek uzyskanych z jednego monokryształu. Przygotowanie płytek do procesu polerowania mechaniczno-chemicznego prowadzono w identyczny sposób dla wszystkich próbek. Proces polerowania prowadzono na tym samym urządzeniu, stosując każdorazowo taką samą warstwę krzemu, a zmieniając jedynie warunki prowadzenia procesu. Sposób mycia płytek po polerowaniu był identyczny dla każdej serii prób. W kolejnych seriach prób polerowania zmieniano rodzaj tkaniny polerskiej, mieszaninę polerską oraz nacisk jednostkowy kG/cm^2 płytki/.

Wstępne próby wykazały, że szybkość polerowania na tkaninie Alkorfol jest większa niż na innych tkaninach polerskich. Badania rozpoczęto więc od prób polerowania na tej samej tkaninie, stosując amoniakalny roztwór krzemionki QUSO G-32, zmieniając nacisk jednostkowy od $0,02 \text{ kG/cm}^2$ do $0,24 \text{ kG/cm}^2$ płytki. Jakość uzyskanej powierzchni polerowanej poddawano ocenie metodą obserwacji obrazu włókna żarówki, obserwacji pod mikroskopem i metodą elipsometryczną. Bez względu na sposób prowadzenia procesu na powierzchni obserwowano wyraźny obraz włókna żarówki: powierzchnia oglądana pod mikroskopem z przystawką Nomarskiego przy powiększeniu 50x posiadała wyraźną chropowatość. Niezadowolającą jakość powierzchni potwierdziły również badania elipsometryczne. Nie udało się stwierdzić wyraźnych różnic chropowatości powierzchni płytek obrabianych w różny sposób /przy stosowaniu różnych nacisków jednostkowych i różnych środków polerskich/. Uzyskane wyniki wykazały, że na tkaninie Alkorfol nie można uzyskać powierzchni o wymaganej gładkości.

Polerowanie na tkaninach Politex Supreme oraz Polcorfam prowadzono podobnie jak na tkaninie Alkorfol, stosując jako środki polerskie krzemionkę QUSO G-32 oraz Ludox i zmieniając naciski jednostkowe. Ocenie poddawano jakość powierzchni płytek z każdej serii doświadczeń. Uzyskane wyniki wykazały, że jakość powierzchni uzyskiwanej na tych tkaninach jest o wiele lepsza niż jakość powierzchni płytek polerowanych na tkaninie Alkorfol. Nie zaobserwowano różnic gładkości powierzchni polerowanej na tkaninie Politex Supreme oraz na jednej tkaninie Polcorfam. Stwierdzono jednak, że wśród dostaw Zakład w Pionkach zdarzają się partie tkaniny o gorszej jakości /rys. 6/.

W celu określenia wpływu nacisku jednostkowego na jakość powierzchni przeprowadzono próby polerowania przy różnych naciskach na tkaninach Politex Supreme i Polcorfam. Próby rozpoczęto od polerowania przy nacisku $0,2 \text{ kG/cm}^2$ płytki, odpowiadającym optymalnym warunkom pracy maszyny /duża szybkość polerowania/. Gładkość tak wypolerowanej powierzchni oceniono jako niedostateczną.

Jak stwierdzono podczas dalszych prób, powierzchnia polerowana przy coraz mniejszym nacisku jednostkowym charakteryzowała się coraz lepszą gładkością. Najmniejszy nacisk, przy jakim można prowadzić proces polerowania, wynosi $0,02 \text{ kG/cm}^2$. Szybkość polerowania w takich warunkach jest minimalny. Proces polerowania prowadzony przez ok. 30 minut przy tak niskich naciskach pozwolił na poprawienie gładkości powierzchni płytek nie zmieniając praktycznie ich parametrów geometrycznych. Nie stwierdzono różnic między gładkością powierzchni wypolerowanej na tkaninach Politex Supreme i Polcorfam.

Duży wpływ na jakość powierzchni ma również czas eksploataowania tkaniny polerskiej. Polerowanie na tkaninach zbyt długo używanych daje płytkę o bardzo złej powierzchni, co pokazano na rys. 7.

Próby mające na celu określenie wpływu środka polerskiego na jakość powierzchni prowadzono tylko na tkaninie Polcorfam. Stosowano amoniakalną zawiesinę krzemionki QUSO G-32, Ludox AS oraz Glanzox 3250, a procesy polerowania prowadzono w identycznych warunkach, stosując niski nacisk jednostkowy. Stwierdzono, że powierzchnia polerowana Ludoxem AS charakteryzowała się najlepszą gładkością. Powierzchnie uzyskane przez polerowanie amoniakalną zawiesinę krzemionki QUSO G-32 i Glanzoxem 3250 nie różniły się. Ze względu na możliwość modyfikowania zawiesiny krzemionkowej dalsze procesy prowadzono zmieniając sposób przyrządzania zawiesiny krzemionkowej tak, aby uzyskać gładkość powierzchni zbliżoną do gładkości powierzchni wypolerowanej Ludoxem AS. Przeprowadzono próby polerowania, stosując amoniakalne zawiesiny o różnej zawartości krzemionki /od 0,5 do 5%/. W celu uzyskania większej jednorodności zawiesiny niektóre porcje dyspergowano w płucze ultradźwiękowej. Powyższe postępowanie nie doprowadziło do poprawy jakości powierzchni. Większą gładkość powierzchni uzyskuje się przy polerowaniu płytek Ludoxem AS, w którym krzemionka występuje w postaci koloidalnej.

Opisy przeprowadzonych prób dokonano w tab. 1.

Tabela 1

Zestawienie przeprowadzonych prób polerowania

Nr próby	Tkanina	Środek polerski	Nacisk [kg/cm^2]
1	Polcorfam	Lidox AS	0,02
2	Alkorfol	QUSO G-32	0,02
3	Polcorfam	QUSO G-32	0,02
4	Polcorfam	QUSO G-32	0,2

Powierzchnię większości płytek oceniano równolegle metodami opisanymi poprzednio. Wyniki pomiarów elipsometrycznych z podanych w tab. 1 prób przedstawiono w tab. 2.

Tabela 2

Wyniki pomiarów elipsometrycznych

Nr próby	n	K_p	d_z [\AA]	d_1 [\AA]
1	4,05	0,05	2000 \pm 2500	10 - 15
2	4,05	0,08	2500 \pm 3000	15 - 20
3	4,05	0,07	2500 \pm 3000	15
4	4,05	0,07	3000	10 - 15

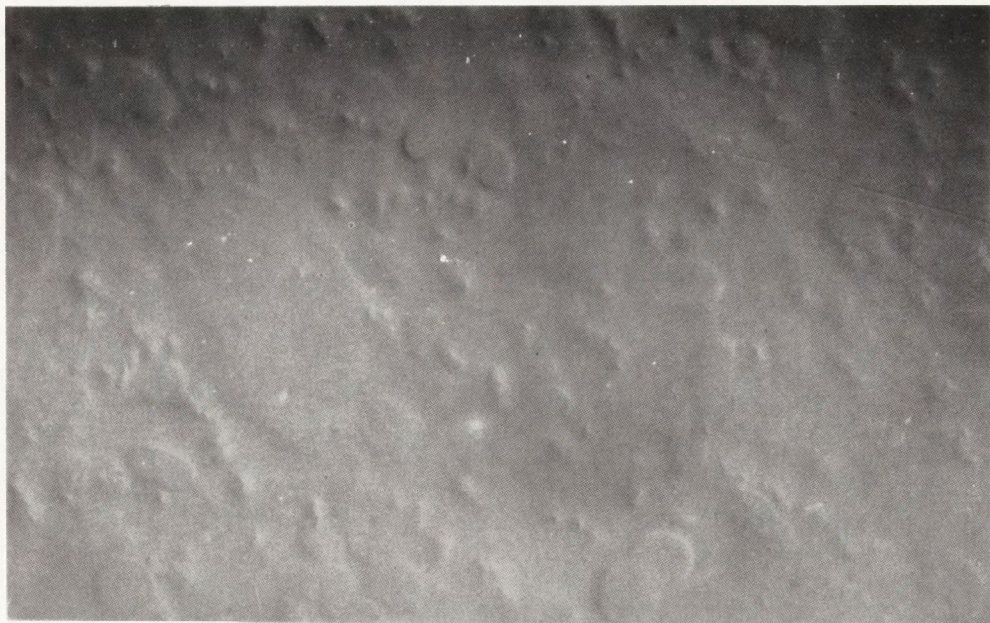
n - współczynnik załamania,

K_p - wartość współczynnika ekstynkcji na powierzchni płytki,

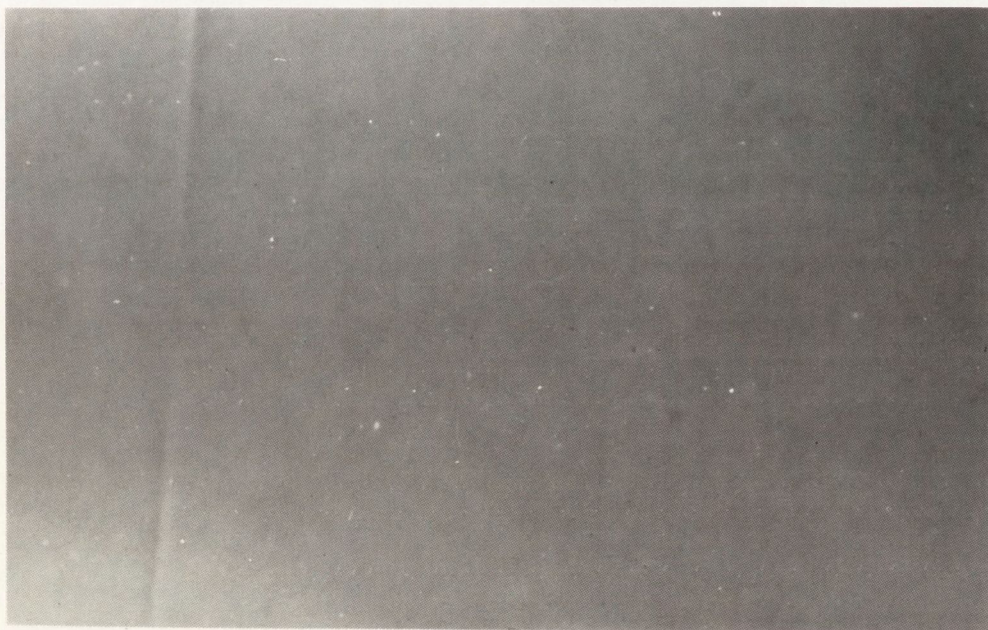
d_z - całkowita grubość warstwy o zmienionym współczynniku ekstynkcji,

d_1 - grubość warstwy tlenku.

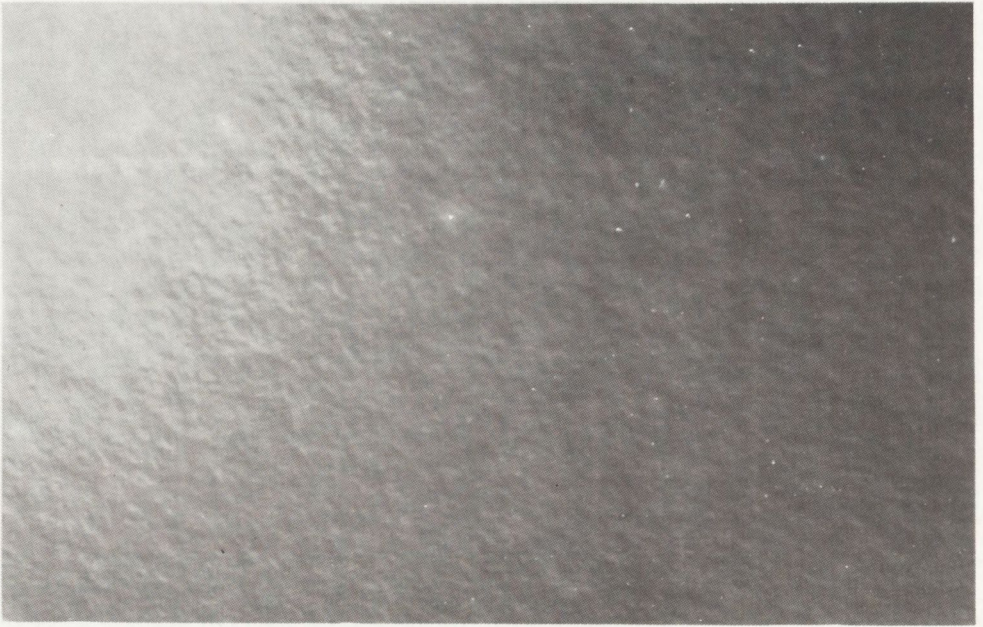
Jak z niej wynika, najlepszymi parametrami charakteryzuje się płytka polerowana Lidoxem AS na Polkorfam /1/, co pokrywa się z oceną przeprowadzoną metodą mikroskopową i pomiarem profilograficznym. Obraz powierzchni przedstawiono na rys. 8 i 9. Płytkę polerowaną mieszaniną krzemionkową na tkaninie Alkorfol /2/ charakteryzuje się powierzchnią o największej chropowatości /rys. 10 i 11. Wysokość nierówności zmierzona profilograficznie wynosi ok. 0,03 μm , podczas gdy dla płytki polerowanej mieszaniną krzemionkową na tkaninie Polcorfam /3/ - 0,005 \pm 1 μm . Różnice gładkości powierzchni płytek 1 i 2 można stwierdzić



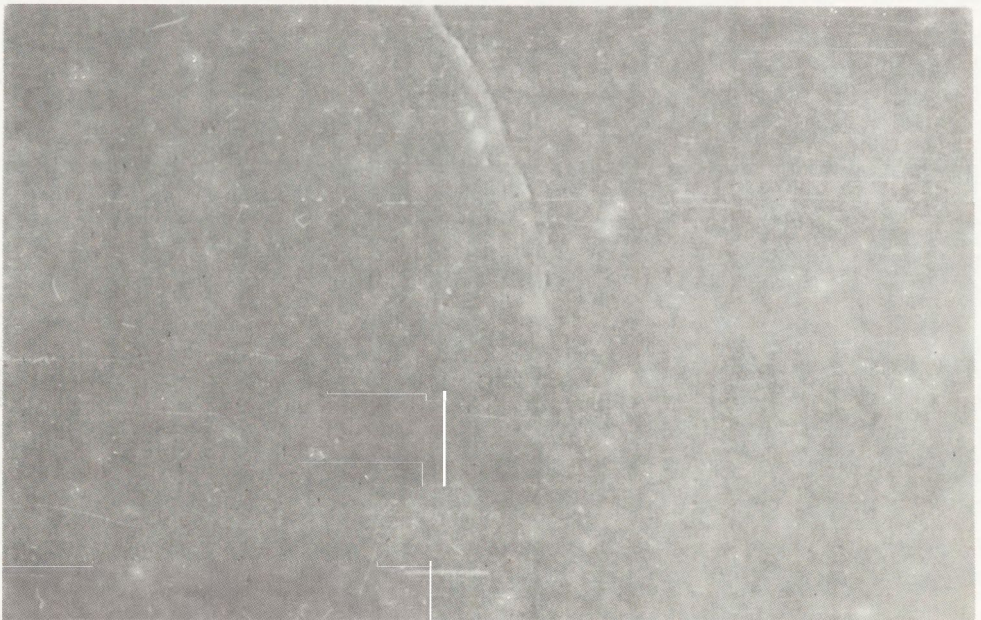
Rys. 7. Obraz powierzchni płytki wypolerowanej na
zbyt długo eksploatowanej tkaninie /pow.
50x/



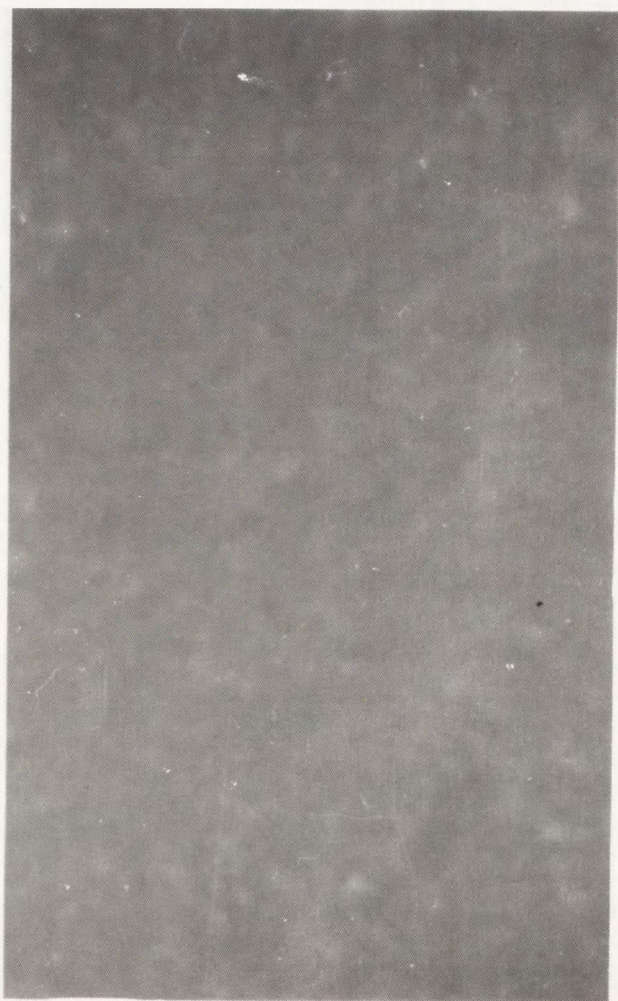
Rys. 8. Obraz powierzchni płytki wypolerowanej Lu-
doxem AS na tkaninie Polcorfam; nacisk je-
dnostkowy 0,02 kg/cm² /pow. 50x/



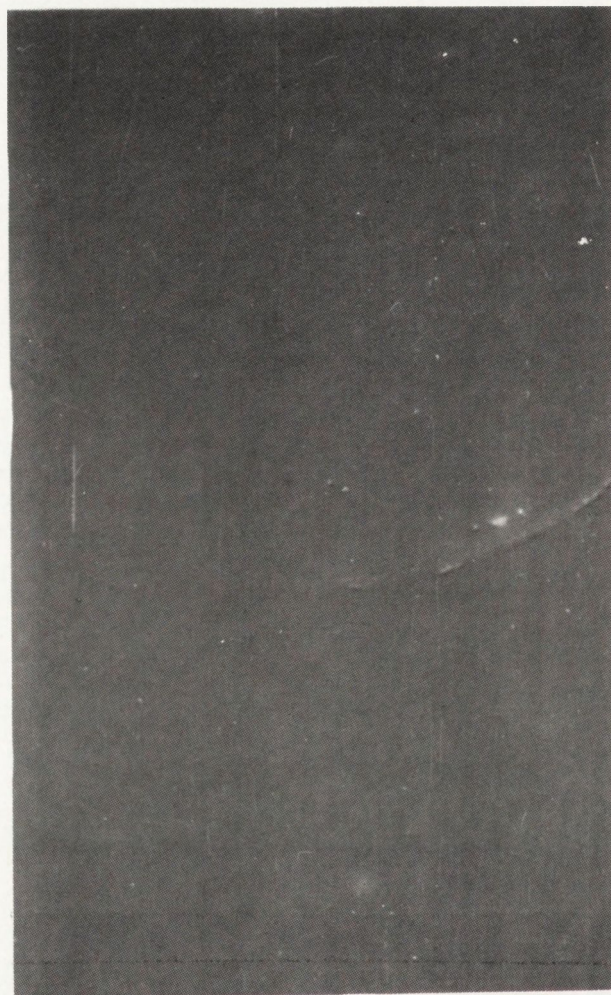
Rys. 10. Obraz powierzchni płytki wypolerowanej
zawiesiną krzemionki QUSO G-32 na tkaninie Alkorfol; nacisk $0,02 \text{ kG/cm}^2$ /pow. 50x/



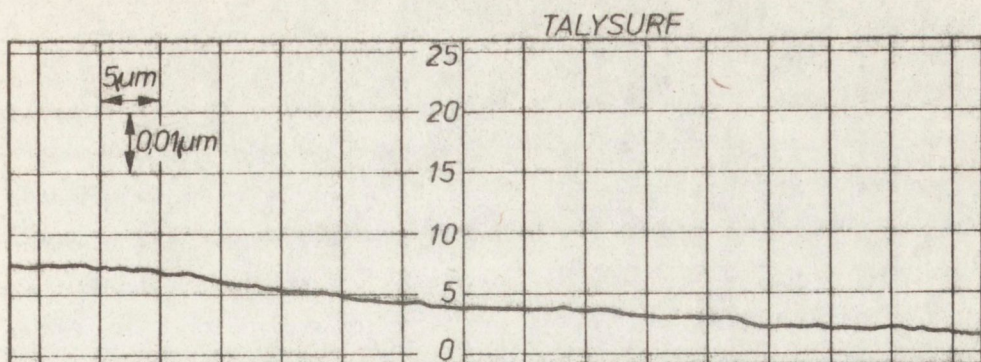
Rys. 12. Obraz powierzchni płytki wypolerowanej
zawiesiną krzemionki QUSO G-32 na tkaninie Polcorfam; nacisk $0,02 \text{ kG/cm}^2$ /pow. 50x/



Rys. 13. Obraz powierzchni płytki wypolerowanej
zawiesiną krzemionki QUSO G-32 na tka-
ninie Polcorfam; nacisk $0,2 \text{ kG/cm}^2$ /pow.
50x/



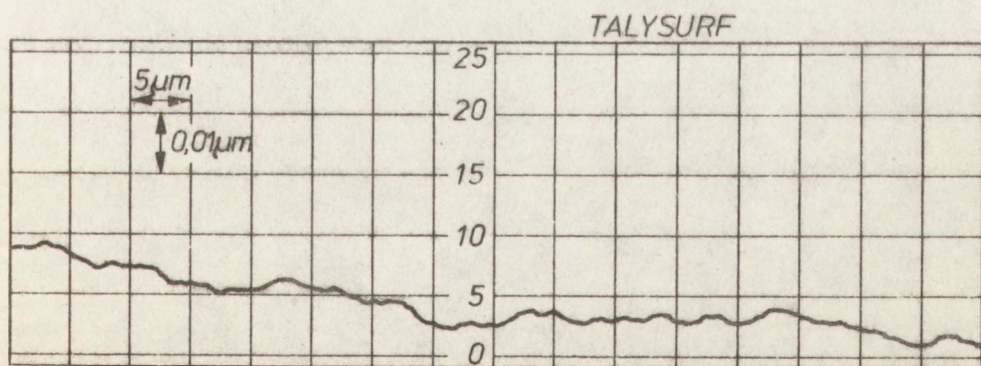
Rys. 14. Obrz powierzchni importowanej przeznaczonej do produkcji układów scalonych MOS LSI /pow. 50x/



TEIJIN SHOJI KAISHA LTD.

Rys. 9. Profilogram powierzchni płytki wypolerowanej Lixdexem AS na tkaninie Epilcorfam; nacisk jednostkowy $0,02 \text{ kg/cm}^2$ /pow. 50x/

obserwując obraz włókna żarówki na ich powierzchni. Na płytce 2 jest on wyraźny, natomiast na powierzchni płytki 1 jest niewidoczny. Płytki 3 i 4 obrabiane były na tej samej tkaninie i tym samym środkiem polerskim. Różnica polegała jedynie na stosowaniu innego nacisku jednostkowego: dla płytki 3 nacisk wynosił $0,02 \text{ kg/cm}^2$, dla płytki 4 - $0,2 \text{ kg/cm}^2$. Powierzchnia płytki polerowanej przy mniejszym nacisku ma większą gładkość, co wykazały obserwacje pod mikroskopem /rys. 12 i 13/ i pomiary elipsometryczne. Powierzchnia płytki polerowanej przy mniejszym nacisku nie odbiega gładkością od powierzchni płytki importowej /rys. 14/, przeznaczonych do produkcji układów MOS LSI.



TEIJIN SHOJI KAISHA LTD.

Rys. 11. Profilogram powierzchni płytki wypolerowanej zawierającej krzemionki QUSO G-32 na tkaninie Alkorfol; nacisk $0,02 \text{ kg/cm}^2$ /pow. 50x/

PODSUMOWANIE

Na podstawie wyników przeprowadzonych prób stwierdzono, że gładkość powierzchni polerowanej płytek krzemowych w dużej mierze zależy od rodzaju tkaniny polerskiej. Polerowanie na tkaninie Alkorfol charakteryzuje się dużymi szybkościami usuwania warstwy krzemu, jednak gładkość powierzchni uzyskiwanej w efekcie polerowania jest gorsza niż przy zastosowaniu tkaniny Polcorfam lub PoliteX Supreme. Porównując gładkość powierzchni polerowanej na tkaninie Polcorfam i PoliteX Supreme nie stwierdza się różnic. Przebadano wpływ nacisku jednostkowego na jakość powierzchni w zakresie od $0,2 \text{ kg/cm}^2$ do $0,02 \text{ kg/cm}^2$ i stwierdzono, że gładszą powierzchnię uzyskuje się przy stosowaniu mniejszych nacisków. Z wytypowanych do prób środków polerskich najlepszym okazał się Lixox AS - katooidalny roztwór krzemionki.

Autorzy dziękują Pani mgr A.M. KAMIŃSKIEJ za przeprowadzenie badań i opracowanie wyników pomiarów elipsometrycznych.

SPIS TREŚCI

B. Piątkowski, A. Czerwińska, K. Bielicki: Niektóre problemy poprawy parametrów geometrycznych polerowanych płytek krzemowych	3
Wstęp	3
1. Wpływ grubości warstwy wosku na parametry geometryczne polerowanych płytek	4
2. Wpływ kształtu powierzchni krążka na parametry geometryczne polerowanych płytek	7
Podsumowanie	11
A. Czerwińska, K. Bielicki, B. Piątkowski: Wpływ warunków polerowania na chropowatość powierzchni płytek krzemowych	12
Wstęp	12
1. Metody oceny jakości powierzchni polerowanej	12
2. Wybór materiałów polerskich	14
3. Opis przeprowadzonych badań	16
Podsumowanie	20
J. Witkowska: Zastosowanie metody karbaminianowej do oznaczania śladowych ilości arsenu w trójchlorek fosforu, tlenochlorek fosforu i trójtlenku boru do celów półprzewodnikowych	21
Wstęp	21
Część doświadczalna	22
1. Sporządzanie krzywej wzorcowej	23
2. Oznaczanie arsenu w tlenochloroku fosforu	24
3. Oznaczanie arsenu w trójchloroku fosforu	26
4. Oznaczanie arsenu w trójtlenku boru	27
Omówienie wyników	27
Literatura	30

WEMA - Warszawa 1978 - 250+25 egz. - 407/78/Z/C - 428/78

<http://rcin.org.pl>

