

BIULETYN TECHNICZNO-INFORMACYJNY

P. 2800/85

TECH

PL ISSN 0239-6645
Nr ind. 35309

9 (279)

1985

GŁOWICA GM 114

Głowica GM 114 jest jedną z głowic drukujących produkowanych przez Zakłady Mechaniczno-Precyzyjne MERA-BLONIE, przeznaczonych do stosowania w szeregowych, uderzeniowych drukarkach mozaikowych.

Głowica została skonstruowana na zamówienie odbiorcy zachodniego, prototyp zaakceptowano i rozpoczęto produkcję seryjną; obecnie głowica jest stosowana w urządzeniach drukujących bilety do metra. Całość produkcji eksportowana jest do krajów drugiego obszaru płatniczego. Wysoka jakość i niezawodność głowicy zostały potwierdzone przez użytkowników.

Głowica posiada 14 igieł drukujących, możliwe jest więc zastosowanie jej w urządzeniach drukujących różnorodnie, bogate repertuary znaków i alfabetów - łącznie z alfabetami azjatyckimi.

Oferujemy możliwość modyfikacji, względnie przekonstruowania głowicy w celu dostosowania jej do wymagań naszych klientów.

Parametry głowicy:

Zasilanie 24V DC,

Maks. częstotliwość wzbudzenia igły 800 Hz,

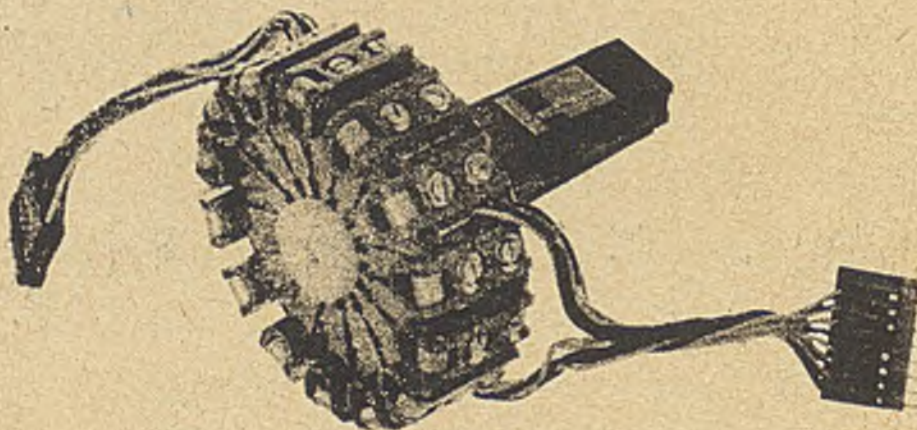
Średnica igły 0,35 mm,

Rozstaw igieł 0,37 mm w jednej linii,

Liczba igieł 14,

Wymiary /LxD/ 80 x 67 mm,

Masa 260 g.



THE GM 114 PRINTING HEAD

The GM 114 printing head is one of the printing head series produced by Zakłady Mechaniczno-Precyzyjne "MERA-BLONIE", designed for serial impact matrix printers.

The construction of the GM 114 printing head had been created on the request of west-country customer, the prototype has been accepted, the serial production started; now the head is used in printers producing METRO-tickets.

The whole production is exported to the west market.

The high quality and reliability of the heads are confirmed by the users.

Since the head uses 14 printing needles it may be used in large range of printers for printing various character repertoires - including asian alphabets.

We do offer a possibility to modify, redesign and/or develop the head, to meet various needs of our customers.

The GM 114 printing head technical data:

- power supply 24V DC,
- needle excitation frequency 800 Hz max.,
- needle diameter 0,35 mm,
- needle pitch 0,37 mm,
- number of needles 14,
- dimensions /LxD/ 80x67 mm,
- weight 260 g.

P. 2800/85

BIULETYN TECHNICZNO-INFORMACYJNY

SPIS TREŚCI

K. Tański	"Mikronika-85" - Postęp w budowie precyzyjnego sprzętu elektroniczno-mechanicznego	2
A. Ambroziak	Stan obecny i kierunki rozwoju badań w dziedzinie mikroelektroniki w aspekcie rozwoju precyzyjnego przemysłu maszynowego	8
A. Sowiński	Miernictwo przyszłości w mikronice	11
S. Okoniewski	Nowe materiały i ich wpływ na postęp w dziedzinie mikroniki	14
J. Gromek	Technologia montażu powierzchniowego	18
P. Perkowski	PROGRAF - minikomputerowy system wspomagania projektowania obwodów drukowanych dla urządzeń cyfrowych	23
T. Sinkiewicz	Wielostanowiskowy mikroprocesorowy system wspomagania projektowania MSWP-M	27
Cz. Zdanowicz D. Zemełko	Dobieranie elementów do precyzyjnych układów rezystorowych	30

WYDAWCA: Zrzeszenie Producentów Środków Informatyki, Automatyki i Aparatury Pomiarowej „MERA”

KOLEGIUM REDAKCYJNE: mgr A. Chróścielewska, dr inż. J. Dyczkowski (redaktor naczelny), mgr J. Kutrowska (sekretarz redakcji)

RADA PROGRAMOWA: inż. J. Bartak, inż. D. Lochocki, mgr S. Majchrzak, mgr inż. A. Musielak, inż. H. Oleksy, mgr inż. H. Piłko, dr inż. B. Piwowar, dr hab. inż. K. Urbaniec

Opracowanie: Redakcja Biuletynu Techniczno-Informacyjnego „Mera”, przy Ośrodku Badawczo-Wdrożeniowym „Mercomp” ul. Poezji 19, 04-994 Warszawa tel. 12-90-11 w. 17-54

Druk: Przedsiębiorstwo Automatyki Przemysłowej „Mera-Pnefal”, ul. Poezji 19, 04-994 Warszawa. Zam. 125/85. Nakład 1320 egz.

Warunki prenumeraty: jednostki gospodarki społecznej, instytucje, organizacje i wszelkiego rodzaju zakłady pracy zamawiają prenumeratę w miejscowych Oddziałach RSW „Prasa-Książka-Ruch”, w miejscowościach zaś, w których nie ma Oddziałów RSW - w urzędach pocztowych. Czytelnicy indywidualni opłacają prenumeratę wyłącznie w urzędach pocztowych i u doręczycieli. Prenumeratę roczną w cenie 1896 zł należy zamawiać do 25 listopada na rok następny, półroczną do 10 czerwca na II półrocze.

mgr inż. KRZYSZTOF TAŃSKI

Zrzeszenie Producentów
Środków Informatyki, Automatyki
i Aparatury Pomiarowej "Mera"

» MIKRONIKA — 85 »

POSTĘP W BUDOWIE PRECYZYJNEGO SPRZĘTU ELEKTRONICZNO—MECHANICZNEGO

W dniach 15 - 17 maja 1985 r. odbyła się VI konferencja MIKRONIKA. Miejscem obrad konferencji była Politechnika Warszawska - Gmach Główny oraz Gmach Wydziału Mechaniki Precyzyjnej. Konferencja została zorganizowana z inicjatywy Sekcji Metrologii Automatyki i Mechaniki Precyzyjnej Oddziału Warszawskiego SIMP. Drugim organizatorem był Wydział Mechaniki Precyzyjnej Politechniki Warszawskiej.

Nad przygotowaniem konferencji czuwał Komitet Organizacyjno-Programowy /KOP/, któremu przewodniczył prof. inż. Henryk Trebert, funkcję zastępcy przewodniczącego KOP pełnił doc. dr inż. Stefan Okoniewski, sekretarzem konferencji był mgr inż. Krzysztof Tański. Konferencję otworzyły obrady plenarne w dn. 15.05.1985 r., które odbyły się w Małej Auli Politechniki Warszawskiej. Obrady sekcyjne przeprowadzone zostały w salach Wydziału Mechaniki Precyzyjnej i trwały do 16 maja. W dn. 17 maja uczestnicy wzięli udział w zwiedzaniu Zakładów UNITRA-UNIMA, Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów, Instytutu Tele i Radiotechnicznego oraz laboratoriów na Wydziale MP.

Tematyka konferencji rozpatrywana była przez trzy sekcje:

Sekcja I: "Współczesne metody i środki projektowania i konstruowania precyzyjnego sprzętu elektroniczno-mechanicznego" /przewodniczący - prof. dr inż. Andrzej Olędzki/.

Sekcja II: "Współczesne metody i środki wytwarzania sprzętu elektroniczno-mechanicznego" /przewodniczący - mgr inż. Henryk Oleksy/.

Sekcja III: "Metody i środki pomiarów i kontroli sprzętu elektroniczno-mechanicznego" /przewodniczący - prof. dr hab. inż. Andrzej Sowiński/.

W konferencji wzięło udział ponad 300 uczestników, w tym 8 gości zagranicznych - 3 z ZSRR, 3 z NRD, 1 z CSRS, 1 z RFN. Należy dodać, że w odróżnieniu od poprzednich konferencji MIKRONIKA 85 miała charakter głównie krajowy.

Obrady plenarne

Obrady plenarne otworzył Przewodniczący KOP - prof. H. Trebert, a następnie uczestników konferencji powitał rektor Politechniki Warszawskiej - Jego Magnificencja prof. Findejsen. Na obradach plenarnych wygłoszono trzy referaty:

1. prof. dr hab. inż. Cezary Ambroziak: "Stan obecny i kierunki rozwoju badań w dziedzinie mikroelektroniki dla potrzeb krajowego przemysłu precyzyjnego".
2. prof. dr inż. Andrzej Sowiński: "Miernictwo przyszłości w mikronice".
3. doc. dr inż. Stefan Okoniewski: "Nowe materiały i ich wpływ na postęp w dziedzinie mikroniki".

Planowany referat prof. dr hab. inż. Krzysztofa Badźmirowskiego - Podsekretarza Stanu w Ministerstwie Hutnictwa i Przemysłu Maszynowego na temat: "Prognozy rozwoju produkcji precyzyjnego sprzętu elektroniczno-mechanicznego w kraju do 1990 r." nie został wygłoszony, ze względu na wyjazd profesora za granicę. Niestety, nikt z Resortu Hutnictwa i Przemysłu Maszynowego nie przedstawił, w zastępstwie prof. K. Badźmirowskiego, perspektyw rozwoju produkcji sprzętu elektroniczno-mechanicznego w kraju.

Wszystkie wygłoszone referaty spotkały się z dużym zainteresowaniem uczestników konferencji i stanowiły podstawę do dalszych dyskusji na obradach sekcyjnych.

Prof. C. Ambroziak w wystąpieniu swoim pozytywnie ocenił osiągnięcia minionego roku w przemyśle półprzewodnikowym. Osiągnięty został poziom najlepszego /dla przemysłu półprzewodnikowego/ roku 1980. Należy podkreślić, że postęp w przemyśle półprzewodnikowym zależy od wielu czynników; jednym z nich jest komputerowe projektowanie masek dla układów scalonych. Niestety, opracowane od 2 lat rozwiązanie nie zostało wdrożone.

Innym nowym problemem podejmowanym obecnie w kraju jest technologia montażu powierzchniowego, która stawia nowe wymagania przed producentami elementów, producentami linii produkcyjnych jak też producentami urządzeń montażowych.

Prof. A. Sowiński zaprezentował nowe podejście do pomiarów i kontroli precyzyjnego sprzętu elektroniczno-mechanicznego. Specjalista działający w tej dziedzinie musi być nie tylko technologiem, ale powinien znać się na metodyce pomiarów i poznawać technikę komputerową, która ma coraz szersze zastosowanie w pomiarach i testowaniu nowoczesnego precyzyjnego sprzętu elektroniczno-mechanicznego.

Doc. S. Okoniewski zawarł w swoim wystąpieniu niezwykle cenną informację na temat materiałów, które znalazły zastosowanie w budowie sprzętu elektroniczno-mechanicznego. Szczegóły tego wystąpienia, jak i dwu poprzednich znajdują czytelnicy w materiałach zamieszczonych w niniejszym Biuletynie MERA. Materiały dla mikroniki to potężna, dotąd jeszcze niezbadana, dziedzina. W możliwościach ich wykorzystania następuje szybki rozwój, czego przykładem jest kwarc, podstawowy nośnik postępu w elektronice /w wykorzystaniu kwarcu odkrywamy coraz inne możliwości/. Autor na zakończenie swojej wypowiedzi próbuje odpowiedzieć na pytanie, jakie jest miejsce Polski w ogólnym postępie świata. W dziedzinie badań naukowych mamy znaczne osiągnięcia, jednak pod względem wykorzystania tych osiągnięć w zastosowaniach praktycznych zajmujemy dalekie miejsce. Podstawowym warunkiem dalszego postępu w tej dziedzinie jest stworzenie warunków do efektywnej działalności nauki i techniki, tak aby w konsekwencji, usprawnić wiele dziedzin naszej działalności przemysłowej.

Obrady sekcyjne

W pierwszym dniu konferencji w sesji popołudniowej obradowała Sekcja II i III. W drugim dniu na dwu sesjach obradowały Sekcja I i II oraz sesja plakatowa, która odbyła się w godz. 10⁰⁰-14⁰⁰. Przed sesją popołudniową miało miejsce dwugodzinne wystąpienie austriackiej firmy Schweisstechnik na temat montażu powierzchniowego. Pierwsza część tego wystąpienia poświęcona była pogładowemu zapoznaniu się z zasadami montażu powierzchniowego, w tym tzw. montażu mieszane go, jako etapu przejściowego. W drugiej części przedstawiono zarejestrowane na taśmie wideo, różne rodzaje automatów montażowych dla montażu powierzchniowego, produkcji japońskiej firmy Panasert, oraz pracę tych urządzeń w liniach produkcyjnych.

Zawartość merytoryczna obrad sekcyjnych Sekcja I

W czasie obrad wygłoszono 14 referatów i komunikatów. Znaczną część wystąpień poświęcono zastosowaniu mini i mikrokomputerów w rozwiązywaniu problemów konstruowania i projektowania. Obszerny wstęp do obrad sekcyjnych wygłosił przewodniczący Sekcji I prof. A. Olędzki, którego wystąpienie zawierało, oprócz merytorycznych treści, praktyczne uwagi dotyczące zastosowań mikrokomputerów w projektowaniu i konstrukcji wyrobów precyzyjnych z podaniem ocenie dostępnych i spotykanych w kraju mikrokomputerów.

Praktyczne zastosowanie systemów mini-komputerowych w pracy projektantów z NRD przedstawić miał, zawarty w materiałach konferencyjnych, referat prof. E. Bürgera z Karl-Marx-Stadt /autor odwołał swój przyjazd na Mikronikę 85/. Również pan Stehr z firmy

Etsyntha Chemie z RFN /znanej jako producent doskonałych smarów dla przemysłu precyzyjnego/ przedstawił zastosowanie komputera na konkretnym przykładzie stanowiska pomiarowego /wspomagane go komputerem/ do określenia trybologicznych parametrów dla łożysk z tworzyw sztucznych. Dzięki zastosowaniu komputera można dla określonego systemu przeprowadzić optymalizację układu materiał - smar. Bez zastosowania komputera, ze względu na bardzo dużą ilość pomiarów, przeprowadzenie takiego rachunku nie byłoby możliwe.

K. Jaworek z Instytutu Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej PW mówił o dość specyficznym zastosowaniu układów mikroprocesorowych do sterowania robotów antropomorficznych. Dzięki sterowaniu mikroprocesorowemu uzyskuje się możliwość sterowania on-line, dużą prędkość ramienia manipulatora oraz dużą dokładność jego pozycjonowania. Referat wywołał duże kontrowersje, ze względu na skomplikowaną budowę takiego manipulatora i ograniczone obecnie możliwości jego zastosowania w praktyce, w kontekście naszych doświadczeń z robotami i manipulatorami przemysłowymi.

Część referatów dotyczyła elektronicznej zarówno układów napędowych, jak i sterowniczych. Należy do nich zaliczyć wystąpienia S. Borowika i M. Żelaznego z Instytutu Automatyki Przemysłowej PW na temat: "Wpływ rozwoju elektroniki na budowę i sterowanie płynowych elementów napędowych automatyki oraz M. Juszczyka z Instytutu Konstrukcji Prządów Precyzyjnych i Optycznych na temat: "Wpływ elektroniki na rozwój napędów elektromechanicznych".

Zastosowanie mikroprocesorów w rozwoju zmechanizowanego sprzętu gospodarstwa domowego przedstawili M. Siedlecki i I. Przybrowski z Zespołu specjalistów z OBR Predom -Warszawa. Referat dotyczył sterowania pralek automatycznych. J. Maliszewski omówił światowe trendy oraz kierunki elektronicznej krajowego, elektromechanicznego sprzętu gospodarstwa domowego. W referacie autor podał również własną ocenę przyczyn, które doprowadziły do opóźnienia krajowego procesu elektronicznej wyrobów elektromechanicznego sprzętu domowego.

Pozostałą część wystąpień w sekcji stanowiły referaty dotyczące prac nad silnikami skokowymi i ich badaniami J. Wierciaka i G. Pindery oraz konstrukcją stolików krzyżowych W. Czerwca z Instytutu Konstrukcji Prządów Precyzyjnych i Optycznych /IKPPIO/ PW. Interesujące badania, dotyczące parametrów jakości pisma maszynowego zawierało wystąpienie L. Buczyńskiego z IKPPIO PW. W warunkach IKPPIO uzyskane wyniki badań są dalej obrabiane "ręcznie" przez operatora. W nowo-

czesnych systemach analiza wyników realizowana jest na maszynie cyfrowej, czego przykładem jest system PIDAS w firmie IBM. Dzięki temu znacznie skraca się czas badań i opracowanie wyników.

Sekcja II

W czasie obrad wygłoszono około 30 referatów i komunikatów. Wystąpienia zostały połączone w bloki tematyczne.

Blok I: Montaż w przemyśle maszynowym. W bloku tym prezentowane były referaty dotyczące zarówno systemów montażowych, jak i niektórych technik połączeniowych.

Do pierwszej grupy należały referaty:

- zespół J. Pienikosa, J. Guryna, A. Dworaka i S. Moszczyńskiego z PIE na temat rozwoju w konstrukcji urządzeń technologicznych do montażu układów scalonych.
- J. Gronika, H. Oleksego na temat technologii montażu powierzchniowego.
- zespołu J. Górską, M. Petz i R. Sawwa z PIAP na temat zastosowań robota IRb do montażu.
- R. Calikowskiego i T. Łukaszewicza z Tekomy na temat środków montażu.

W wystąpieniu swym zespół z PIE przedstawił światowe tendencje w dziedzinie urządzeń technologicznych do montażu i sortowania układów scalonych. Podano przykłady nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych na świecie.

Autorzy dzielą urządzenia występujące w linii montażowej na trzy grupy:

- urządzenia montażu wstępny /procesy naklejania płytek krzemowych na folię, cięcia, rozciągania i kontroli optycznej/.
- urządzenia montażu zasadniczego /procesy spajania - lutowania eutektycznego lub klejenia i termoultrakompresji połączeń wyprowadzeń układu scalonego z azurem/.
- urządzenia służące do realizacji operacji końcowych /hermetyzacja, obcinanie i zaginanie wyprowadzeń, sortowanie, znakowanie i pakowanie/.

Autorzy omówili niektóre urządzenia z tych trzech grup i przedstawili kierunki rozwoju urządzeń montażowych na świecie:

- rozłożenie funkcji urządzeń na niezależne sterowane napędy; realizacja większości funkcji urządzeń przerzucona jest na elektroniczne układy sterowania, oparte na technice mikroprocesorowej,
- zarzucanie konstrukcji krzywkowych,
- wprowadzanie automatycznego cyklu pracy bez udziału operatora, dzięki wprowadzeniu układów analizy obrazu,
- stosowanie konstrukcji modułowej z powtarzalnych bloków,
- wprowadzenie diagnostyki i autodiagnostyki urządzeń,
- możliwość dialogowego przeprogramowywania parametrów urządzeń,

- agregowanie urządzeń w zblokowane stanowiska z automatycznym transportem wewnętrznym,

- wyposażenie urządzeń w interfejs szeregowy, umożliwiającą monitorowanie stanu urządzeń.

Referat na temat: "Możliwości robotów IRb - przykład zastosowania robota adaptacyjnego do montażu" stanowił opis parametrów technicznych nie tylko znanego już wcześniej standardowego robota IRb, ale omawiał rozszerzone możliwości, jakie uzyskano w wersji adaptacyjnej. Robot adaptacyjny współpracuje z ośmioma trójstanowymi czujnikami adaptacyjnymi. Instrukcja "Adaptacyjnie" umożliwia realizację siedmiu nowych funkcji. Są to cztery funkcje: szukanie - zgrubne, dokładne, opóźnione i swobodne oraz funkcje nadzór, korekcja prędkości, konturowanie, korekcja czasu. Funkcja "konturowanie" umożliwia odtworzenie przez robota kształtu nieznanego dokładnie przy programowaniu. W wystąpieniu omówiono zastosowanie robota IRb do montażu zespołu składającego się z wałka, detali z otworami oraz pierścieni sprężystych.

Referat J. Lemanowicza z Instytutu Budowy Sprzętu Precyzyjnego i Elektronicznego PW: "Dokładność pozycjonowania w układach urządzeń technologicznych przedstawił ocenę procesów technologicznych pod kątem rosnących wymagań, stawianych modułom i zespołom pozycjonującym urządzeń technologicznych.

Przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w IBSPiE zespołów prowadnicowych i wpływ charakteru tarcia na dokładność pozycjonowania z uwzględnieniem przewodnic areostaticznych.

Do drugiej grupy należały między innymi referaty:

- K. D. Langa i W. Schella z Uniwersytetu Humbolta z Berlina na temat ultradźwiękowego łączenia struktur wielowarstwowych,
- zespołu A. Cyurelis, K. Friedel, S. Smardz z Instytutu Technologii Elektronowej Politechniki Wrocławskiej na temat spawania elektroenergetycznego,
- Z. Szczepańskiego z Instytutu Technologii Elektronowej PW na temat zastosowania zgrzewania mikroszczelinowego do łączenia elementów dyskretnych,
- zespołu W. Bała, S. Kraczek, J. Okoniewski z Instytutu Tele i Radiotechnicznego na temat zastosowań techniki intensywnego nagrzewania podczerwienią.

W referacie "Zastosowanie zgrzewania mikroszczelinowego do łączenia elementów dyskretnych i wyprowadzeń" Z. Szczepański podaje, że dzięki zastosowaniu tej technologii można znacznie obniżyć barierę narażeń termicznych, z jaką związane są inne techniki łączenia. Zgrzewanie mikroszczelinowe jest procesem łączącym w sobie cechy zgrzewania ele-

ktrycznego oporowego oraz zgrzewania termokompresyjnego, zaś mechanizm powstawania połączenia jest taki sam jak przy termokompresji.

Referat zespołu z ITE Politechniki Wrocławskiej omówił zastosowanie urządzenia do spawania wiązką elektronową wyprowadzeń rezystorów drutowych RDCO. Urządzenie jest z powodzeniem eksploatowane w Zakładach UNITRA-TELPOD w Szczucinie.

Zespół z ITR w swoim referacie przedstawił efekty wprowadzenia technologii nagrzewania radiacyjnego w zastosowaniach przemysłowych. Technologia ta znalazła zastosowanie przy przetapianiu powłok SnPb w procesie suszenia, utwardzania, hermetyzacji mikroukładów, wypalania past w strukturach hybrydowych układów grubowarstwowych.

Stosowanie urządzeń do intensywnego nagrzewania w podczerwieni jest korzystne z kilku względów: zwiększenia wydajności, oszczędności energii i powierzchni produkcyjnej, możliwości mechanizacji i automatyzacji procesów, a także wyższej jakości elementów po obróbce.

Blok II: "System programowego sterowania urządzeniami i procesami technologicznymi".

W bloku tym zaprezentowano referaty dotyczące budowy urządzeń sterujących i przykłady ich zastosowań. Przedstawiono tu m. in. następujące referaty:

- T. Gałązki i D. Stawiarskiego z PIAP: "Zunifikowane sterowniki sekwencyjne do automatyzacji maszyn i urządzeń technologicznych",
- zespół K. Fiołka, A. Skorupka, R. Fila, T. Łaczyńska i T. Warchalski z MERA-STER Katowice i OBR Fabryki Łożysk Tłocznych w Kielcach: "Sterownik MERA 80 w układzie sterowania automatem do montażu świec zapłonowych",
- zespół J. Pieńkos, I. Myzik, S. Moszczyński, J. Fijałkowski i B. Kosińska z PIE: "Projektowanie sterowników urządzeń technologicznych w oparciu o modułowy system sterowników MIKROSTER 80 na przykładzie wybranych urządzeń do montażu układów scalonych",
- T. Missali z PIAP: "System INTEL DIGIT-PROWAY - propozycja dla automatyzacji przemysłu maszynowego".

Komunikat T. Gałązki i D. Stawiarskiego zawiera informację na temat różnorodnych układów sterowania dla określonych typów maszyn i urządzeń technologicznych opartych o kilka typów uniwersalnych sterowników takich jak:

- uniwersalny sterownik sekwencyjny pneumatyczny,
- uniwersalny sterownik elektropneumatyczny,
- uniwersalny sterownik sekwencyjny elektroniczny,

a także wersję sterownika opartego o sterownik PC Compact produkcji MERA-ZAP, który

przechodzi obecnie próby przy sterowaniu gniazdem, złożonym z dwu zautomatyzowanych tokarek rewolwerowych.

W referacie MERA-STER i OBR FLT omówiono zastosowanie sterownika MERA 80 do sterowania automatem do montażu końcowego świec zapłonowych. Automat, wraz ze sterownikiem, zostały wdrożone w Zakładach ISKRA w Kielcach. System pozwala na uzyskanie wydajności 40-60 świec na minutę, co daje praktycznie około 14 tys. dobrych świec na zmianę. Autorzy zwracają uwagę na uniwersalność systemu MERA-80, który pozwala także na tworzenie hierarchicznych, dwupoziomowych wielomaszynowych systemów sterowania całych linii technologicznych. Dla tego celu został stworzony system operacyjny SCOS i specjalizowany język LOGEL.

Zespół z PIE omówił opracowany w Instytucie i wdrożony do produkcji system MIKROSTER 80 przeznaczony do sterowania urządzeń i linii technologicznych. Podana jest konfiguracja systemu i charakterystyka poszczególnych modułów. Podano metodykę projektowania sterowników użytkowych i przedstawiono zastosowanie systemu do sterowania urządzeń montażowych w przemyśle półprzewodnikowym /przykład spajarki struktur i zgrzewarki termokompresyjnej/.

Blok III: "Technologia i produkcja obwodów drukowanych". W bloku tym zaprezentowane zostały wyłącznie referaty specjalistów z ITR;

Komunikat J. Michalskiego i P. Wachalskiego: "Nowe krajowe urządzenia do produkcji płytek drukowanych" omawiał opracowane i wykonane w ITR w latach 1982-84 urządzenia do produkcji płytek drukowanych dwustronnych z metalizacją otworów. Są to urządzenia do obróbki chemicznej /metallizacja i trawienie/ i fotochemicznej płytek /nakładanie fotopolimeru, nasświetlanie, wywoływanie, stripowanie/. Urządzenia te dotychczas importowane są ze strefy dolarowej.

Referat P. Chrobaka i S. Romanowskiego omawia własności opracowanych w ITR płytek drukowanych z rdzeniem aluminiowym w porównaniu z własnościami płytek drukowanych powszechnie używanych. Opracowane płytki na podłożu aluminiowym mogą znaleźć zastosowanie w układach, w których wydzielą się znaczna ilość ciepła, takich jak: wzmacniacze mocy, regulatory i stabilizatory napięcia, układy scalone. Odporność na duże różnice temperatur i ich gwałtowne zmiany umożliwia ich zastosowanie w sprzęcie motoryzacyjnym i lotniczym.

Zespół S. Kraczek, E. Ramotowski, M. Świerczyński w dwóch referatach omówił różne zastosowanie technologii nagrzewania radiacyjnego.

W ITR opracowano suszarki do utwardzania powłok organicznych metodami w podczerwieni

oraz ultrafiolecie. Nagrzewanie radiacyjne w podczerwieni znalazło też zastosowanie do przetapiania powłok cynowo-olowiowych na płytkach drukowanych. W ITR wykonane zostało urządzenie do przetapiania w podczerwieni.

Opis opracowanej w Polsce technologii metalizacji płytek drukowanych zawierał komunikat zespołu: J. Mallnowski, S. Małczyńska-Paź, R. Marcinkowski. W komunikacie omówiono koncentraty do tej technologii, opracowane i produkowane w ITR.

Blok IV: "Nowe materiały do połączeń lutowanych". Dziedziną, którą od lat zajmuje się ITR są materiały do połączeń lutowanych. ITR posiada tu znaczne osiągnięcia. Z. Morawska przedstawia w komunikacie opracowane stopy lutownicze o obniżonej zawartości cyny, zarówno do lutowania kąpielowego, jak i do lutowania ręcznego. Prace nad tymi stopami zostały podjęte ze względu na niedostatek cyny i wzrost jej cen na rynkach światowych.

Własności cynowo-olowiowych lutów wielorodzeniowych omawia zespół S. Drzewiecka, K. Bukot i L. Syczyński. Luty tego typu były dotychczas importowane z firm zachodnich. Dzięki opracowaniu w ITR uaktywnionych topników, a w Zakładzie Wysokich Ciśnień PAN Unipress nowej technologii otrzymywania cienkich lutów rdzeniowych uzyskano materiał lutowniczy o wysokim standardzie.

R. Kisiel z ITE PW w komunikacie podaje wyniki badań krajowych materiałów lutowniczych. W wyniku tych badań stwierdzono, że wszystkie badane niskotopliwe stopy lutownicze mogą być stosowane do montażu elementów w układach hybrydowych. Szczególnie dobre wyniki uzyskano w zastosowaniu do mikrofalowych hybrydowych układów scalonych.

H. Bartoszewicz i A. Bochenek z Politechniki Wrocławskiej omówili opracowane na Politechnice urządzenia do regulacji poziomu lutu w wannie ze stojącą falą i do opróżniania tygli lutowniczych z lutu. Urządzenia te znalazły już praktyczne zastosowanie w przemyśle.

Poza wyżej wymienionymi blokami wygłosili referaty: H. Gruszka i H. Mościcka-Grzesiak z Instytutu Elektroenergetyki Politechniki Poznańskiej na temat elektrochemicznej metody obróbki metali do kształtowania mikroprofilu powierzchni elementów, pracujących w wysokonapięciowych układach próżniowych oraz D. Biało i W. Wiśniewski z IBSPiE na temat metody otrzymywania wyprasek ferrytowych o podwyższonej gęstości.

Sekcja III:

W czasie obrad tej sekcji ogłoszono 10 referatów i komunikatów. Cztery z nich dotyczyły metodyki i teoretycznych podstaw pomiarów, pozostałe omawiały konkretnie wykonane urządzenia pomiarowo-kontrolne.

Do grupy pierwszej należały referaty:

- M. Micielicy z IBSPiE: "Metoda pomiaru pętli histerezy w piezoceramice" /referat nie został wygłoszony na konferencji/,
- H. Krawczyka i W. E. Kozłowski z Instytutu Informatyki Politechniki Gdańskiej: "Teoretyczne podstawy testowania sygnaturowego",
- N. E. Koniuchowa z Kujbyszewskiego Instytutu Lotnictwa: "Optoelektroniczne urządzenia kontrolno-pomiarowe",
- W. G. Domraczewa z Instytutu w Moskwie: "Automatyzacja dokładności cyfrowych przetworników przesunięć kątowych".

W referacie H. Krawczyka i W. E. Kozłowskiego w oparciu o własności kodów wielomianowych przedstawiono podstawowe cechy rejestrów przesuwanych z liniowym sprzężeniem zwrotnym, przydatne przy projektowaniu układów sygnaturowego testowania. Oszacowano efektywność takich rejestrów przy wykrywaniu błędów grupowych, błędów pojawiających się w określonych odstępach oraz błędów symetrycznych. Wskazano pewne możliwości zwiększenia prawdopodobieństwa wykrycia błędów. Przedstawione rozważania mogą być wykorzystane zarówno przy projektowaniu testerów, jak i układów cyfrowych z wbudowanym układem testującym.

Referat prof. Koniuchowa podaje niektóre przykłady szeroki możliwości zastosowania urządzeń optoelektronicznych. Autor zwraca uwagę na to, co optoelektroniczne urządzenia wnoszą nowego do systemów informacyjno-pomiarowych. Jest to prostota pomiaru i elastyczność systemów pomiarowych z łatwością przedstawienia się na inne dane wejściowe.

Do grupy drugiej należały m. in. referaty:

- Zespołu: A. Solecki, A. Pawłowski i Cz. Skoczyła z Filii Politechniki Łódzkiej w Bielsku-Białej: "Stanowisko do badania procesu propagacji szczelin zmęczeniowych",
- A. Chwalczyka i T. Zawadzkiego z OBR Predom: "Wybrane urządzenia kontrolno-pomiarowe i technologiczne do produkcji elektromechanicznego sprzętu gospodarstwa domowego",
- M. Krawczyka z Politechniki Rzeszowskiej: "Przyrząd do pomiaru średnic i odchyłek kształtów otworów mniejszych od $\phi 6$ mm,
- M. Giełecińskiego i Z. Staroszczyka z Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej i Miernictwa Elektrycznego PW: "Mikroprocesorowy homomorficzny analizator widma SPF",
- A. Skierskiego z Przemysłowego Instytutu Elektroniki: "Sortery układów scalonych",
- T. Karczmarczyka i L. Wronkowskiego z Centrum Uczelniano-Przemysłowego Metrologii i Systemów Pomiarowych PW: "Optoelektroniczny długościomierz cyfrowy typu OPT-30-1".

W referacie zespołu A. Soleckiego omówiono stanowisko badawcze umożliwiające wykonanie zmęczeniowych szczelin pierścieniowych w próbkach walcowych z karbem. Próbkę tę wy-

korzystuje się do pomiarów oporu pęknięcia materiałów konstrukcyjnych. Próby te pozwalają określić prędkość propagacji i umożliwiają analizę działania mikromechanizmu powodującego rozwój szczelin. Do prób tych zostało zaprojektowane i zbudowane stanowisko badawcze.

Zespół z OBR Predom omawia w swoim komunikacie kierunki prac badawczo-rozwojowych w zakresie aparatury kontrolno-pomiarowej do badań elektrycznych, elektromechanicznego sprzętu gospodarstwa domowego. Omówiono dwa rodzaje testerów - tester odbiorczy kuchni elektrycznych i tester wirników do silników komutatorowych.

M. Krawczyk przedstawił opracowane w Politechnice Rzeszowskiej stanowisko do pomiaru średnic i odchyłek kształtu oraz chropowatości powierzchni otworów mniejszych od $\phi 6$ mm. Stanowisko pomiarowe składa się z trzech układów:

- układu mechanicznego,
- układu optycznego,
- układu elektronicznego.

Głównym elementem układu mechanicznego jest zmodernizowany mikroskop warsztatowy. Pomiar przeprowadzany jest metodą stykową wymiennymi końcówkami, wykonanymi z węglików spiekanych /kulki o średnicy 0,5; 1; 1,5; 2 mm/ przy sile nacisku 0,1 - 0,2 N. Układ optyczny urządzenia oparto na krajowych elementach optycznych:

- uniwersalnym zespole optoelektronicznym typ KB 10114,
- zestawie holograficznym ZHB,
- laserze gazowym He-Ne LG-15.

Końcówka pomiarowa połączona jest z przesuwającym stolikiem, na którym zamocowano zespół retroreflektora, posiadający zwierciadło odbijające promieniowanie wiązki laserowej. Układ elektroniczny zlicza przy pomocy foto-defektorów i przetwarza na sygnały elektryczne kolejno zjawiające się prądkie świetlne, które następnie są sumowane. Opracowana metoda pozwala na uzyskanie dużej dokładności pomiarów średnic i odchyłek kształtu.

Referat M. Gielecińskiego i Z. Staroszczyka zaznajomił słuchaczy ze zbudowanym w Zakładzie Miernictwa PW cyfrowym analizatorem widma, wykorzystującym szybkie przekształcenie Fouriera. Współpraca analizatora widma z systemem komputerowym o dużej mocy obliczeniowej umożliwiła skonstruowanie analizatorów czasu rzeczywistego pracujących w pewnym sensie jako układy wstępnego przetwarzania sygnałów w systemie pomiarowym.

W referacie z Przemysłowego Instytutu Elektroniki przedstawiono działanie sorterów układów scalonych na przykładzie sortera opracowanego w Instytucie. Na świecie panuje tendencja do budowy sorterów wyspecjalizowanych o wysokiej wydajności. Sortery nowej generacji mają zapewniony zautomatyzowany transport międzyoperacyjny. Wśród nowych urządzeń pojawiają się sortery wielogłowicowe, umożli-

wiające jednoczesny pomiar wielu układów scalonych.

T. Kaczmarczyk i L. Wronkowski zaprezentowali optometr do dokładnego pomiaru przesunięć. Wyniki tych pomiarów wykorzystywane są do dalszego sterowania procesem pomiarowym. Konstrukcja optometru składa się z dwóch oddzielnych zespołów:

- głowicy pomiarowej /przetwornik optoelektroniczny przetwarzający przemieszczenie pomiarowe na sygnał napięciowy/,
- elektronicznego interpolatora, w którym następuje obróbka sygnału oraz wyświetlenie wyników pomiaru.

Optometr OPT-30-1 pozwala uzyskać rozdzielczość 1 μ m. Centrum Uczelniano-Przemysłowe Metrologii i Systemów Pomiarowych PW podejmuje jego masową produkcję.

Czytelników zainteresowanych treścią referatów wygłoszonych na MIKRONICE 85 odsyłamy do materiałów konferencyjnych. Można je nabyć odpłatnie w ODK SIMP, Warszawa, ul. Mickiewicza 9 /tel. 39-08-76/.

Na sesji plakatowej wystąpienia prezentowane w formie plansz, rysunków, eksponatów i katalogów. Zaprezentowanych zostało pięć wystąpień. Dwa z ITR rozszerzały materiał przedstawiony na sekcji drugiej /przetapianie powłok SnPb i topniki do lutów i luty wielorodzeniowe/. Wystąpienie ZUP Polon /Kraków/ zawierało bardzo interesującą propozycję zunifikowanych konstrukcji kaset i bloków dla systemów elektronicznej aparatury pomiarowej.

Rozwiązanie charakteryzowało się wysoką technologicznością konstrukcji /wszystkie elementy wykonano z aluminiowych elementów hutniczych/ i estetyką wykonania. Prezentowane elementy produkowane są seryjnie w ZUP Polon. Pozostałe ekspozycje prezentowała Tekoma - systemy środków montażu, w tym przykłady systemów wdrożonych w przemyśle oraz IBSPiE PW R. Jezior i M. Zenbrzuskiego na temat: "Zastosowanie drutów z metali nieszlachetnych do termokompresji kulkowej".

Po zakończeniu konferencji MIKRONIKA 85 do wybranych losowo uczestników konferencji wysłano ankietę: "Jak oceniasz MIKRONIKĘ 85". Na podstawie uzyskanych dotychczas opinii można stwierdzić, że uczestnicy uważają odbytą imprezę za niezwykle cenną i interesującą. Pozytywnie oceniają sprawność organizacyjną spotkania i wysoki poziom referatów. Konferencja powinna odbywać się co dwa lata, jako impreza o charakterze krajowym, ale z większym udziałem referentów zagranicznych. Miejscem konferencji powinna być Politechnika Warszawska. Większość uczestników negatywnie oceniła brak wystąpienia na obradach plenarnych przedstawiciela z Resortu Hutnictwa i Przemysłu Maszynowego oraz fakt późnego nadesłania materiałów. Wszyscy ankietowani wyrazili chęć wzięcia udziału w następnej konferencji MIKRONIKA.

STAN OBECNY I KIERUNKI ROZWOJU BADAŃ W DZIEDZINIE MIKROELEKTRONIKI W ASPEKCIE ROZWOJU PRECYZYJNEGO PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO

W roku 1984 polski przemysł półprzewodnikowy osiągnął poziom produkcji równy poziomowi z roku 1980 /najwyższy w ostatnim okresie/. Nastąpiło to po znacznym spadku na początku lat 80, kiedy w niektórych grupach asortymentowych wynosił on poniżej 50%. W roku 1984 osiągnięto ponownie produkcję ponad 234 mln podzespołów półprzewodnikowych, a w tym ponad 26 mln układów scalonych.

Obecnie wzrosło jednak kilkakrotnie, w stosunku do początku lat 80, zapotrzebowanie na podzespoły półprzewodnikowe, tak że zaspokojenie potrzeb ogółem wynosi aktualnie tylko ok 60%, a w niektórych asortymentach np. układów scalonych znacznie mniej - rzędu 15%. Dotyczy to przede wszystkim układów scalonych MOS o największej skali integracji. Nadal dominują w produkcji elementy dyskretne, tj. tranzystory, diody i tyrystory różnych typów /ponad 200 mln/, następną grupę stanowią układy scalone bipolarne i MOS - 26 mln, a w tym LSI /ponad 1 mln sztuk - przy aktualnym zapotrzebowaniu na ponad 6 mln sztuk/. Trzecią grupę stanowią elementy optoelektroniczne, takie jak: diody elektroluminescencyjne LED o różnych kolorach świecenia i na podczerwień, fotodiody i fototranzystory, wskaźniki cyfrowe LED, transoptory /łącznie około 5 mln sztuk/ oraz termistory.

W ostatnich latach, po likwidacji zjednoczeń i systemu dyrektywno-nakazowego, następuje stopniowy, ale znaczący zwrot z produkcji głównie podzespołów dla sprzętu powszechnego użytku na produkcję podzespołów do sprzętu profesjonalnego, w tym dla aparatury naukowo-badawczej, pomiarowej i technologicznej. Przemysł półprzewodnikowy bowiem, będący syntezą najwyższych osiągnięć w wielu dziedzinach nauki i techniki, takich jak: chemia, mechanika precyzyjna, optyka, informatyka itd. sam odczuwa brak najnowocześniejszej aparatury i rozumie konieczność działania na korzyść jej producentów, gdyż dotychczas wsparcie krajowe, jakie uzyskuje w tym zakresie jest niewystarczające. Na świecie przy przeciętnym wzroście produkcji podzespołów półprzewodnikowych około 20% rocznie, tempo wzrostu produkcji urządzeń do ich wytwarzania wynosi 30%.

Brak aparatury jest głównym czynnikiem ograniczającym dalszy wzrost produkcji podzespołów półprzewodnikowych, drugim zaś jest malejący, szczególnie w Warszawie, stan kadrowy głównie w dziedzinie produkcyjnej. Działanie tego drugiego czynnika zostało wprowadzone od 1983 r. złagodzone dzięki uruchomieniu 2 filii montażowych FP TEWA w

Ostródzie i Mońkach, nie jest to jednak rozwiązanie wystarczające perspektywnie. Rozwiązaniem tym może być tylko rozwój urządzeń zautomatyzowanych. Ta sfera powinna połączyć we współdziałaniu na najbliższą dekadę przemysł półprzewodnikowy z przemysłem budowy precyzyjnej aparatury technologicznej i pomiarowej.

Niezależnie od rozwoju ilościowego decydujące znaczenie dla oceny nowoczesności przemysłu półprzewodnikowego ma stopień rozwoju układów scalonych o wielkiej i bardzo wielkiej skali integracji. W tym aspekcie elektronika polska zdobyła w końcu lat 70 korzystne, drugie po Związku Radzieckim, miejsce w RWPG. Kryzys lat 80 i przerwanie niezbędne tempo inwestowania spowodował cofnięcie się Polski w tej dziedzinie, szczególnie w stosunku do NRD. Obecnie produkujemy, chociaż w niedostatecznych ilościach, rodziny układów mikroprocesora 8-bitowego 8030A, pamięci ROM 16k i pamięci statycznych RAM 4K oraz rodzinę układów cyfrowych CMOS. Dążymy do uruchomienia produkcji mikroprocesorów 16 bit, pamięci RAM 16 i 64 kbit oraz EPROM 16 kbit. Duże zapotrzebowanie na tę klasę układów istnieje od dawna. Głównym utrudnieniem są tu braki przede wszystkim w zakresie aparatury.

Proces projektowania i wytwarzania układów scalonych można podzielić na trzy różnorodne fazy:

- Projektowanie topografii układu i wytwarzanie masek.
- Technologia struktur półprzewodnikowych.
- Montaż i hermetyzacja struktur w obudowach.

Odpowiednio skomplikowane miernictwo jest niezbędne we wszystkich fazach opracowania i wytwarzania układów. W okresie rozwoju układów LSI projektowanie, technologia i miernictwo stanowiły równorzędną skalę trudności. Wg ocen japońskich przy przejściu od LSI do VLSI największą skalę trudności przedstawia etap projektowania, na drugim miejscu jest miernictwo, a opracowanie patternów testowania, odpowiednich dla bardzo wielkich systemów, staje się coraz bardziej częścią projektowania. Dopiero na trzecim miejscu należy wymienić barierę technologiczną. Tak jest w przypadku opracowywania nowych, oryginalnych układów VLSI. Polska należy do licznej grupy krajów, które głównie odtwarzają odpowiedniki układów opracowanych przez czołówkę światową.

Sytuacja w kraju i na świecie,

Wszystkie układy LSI opracowane w Polsce były zaprojektowane na systemie opartym na jednostce centralnej PDP-15. System ten cho-

ciaż stale jeszcze pracuje jest już wyeksploatowany. Zamiast niego uruchomiony został nowy system ze znacznie nowocześniejszym CPU i układami peryferyjnymi, w tym z kolorowymi grafoskopami. W ramach programu rządowego PR3 podjęto próbę zbudowania systemu opartego całkowicie na urządzeniach produkowanych w KS. Po dwóch latach pracy nad tym systemem udało się go zadowolająco uruchomić, przy czym najwięcej czasu poświęcono na zwiększenie niedostatecznych na początku czasów między uszkodzeniami.

Należy jednak stwierdzić, że polski przemysł komputerowy i instytucje zajmujące się rozwojem informatyki pozostają znacznie w tyle w stosunku do osiągnięć wielu krajów. Pierwsze systemy projektowania wspomaganego komputerem /CAD/ rozwinęły się na gruncie projektowania układów scalonych. Obecnie systemy Automatycznego Projektowania /SAPR/ stały się na świecie bardzo popularne we wszystkich prawie dziedzinach. Rozwinęła się nowa dziedzina - produkcja wspomagana komputerem - CAM /Computer Aided Manufacturing/. Polska jest tu bardzo opóźniona. Wydaje się, że wiele do zrobienia mogłyby tutaj mieć uczelnie.

Przejdźmy następnie, pomijając chronologię procesu technologicznego, do zagadnień automatyzacji montażu układów scalonych. Na początku lat 70 panowały opinie, że w procesie montażu przy użyciu 15-mikronowego drutu złotego automat nie zastąpi oka ludzkiego i precyzyjnej ręki kobiety, a jednak od kilku lat ta część procesu technologicznego została w pełni zautomatyzowana. Wykorzystano tu kamery telewizyjne i typu CCD do rozpoznawania obrazu i ustawiania precyzyjnego stolika montażowego. Dzięki temu hale montażowe, zatrudniające poprzednio setki kobiet, zamieniły się na hale, gdzie dominującą rolę odgrywają konserwatorzy automatów. Łość zatrudnionych kobiet zmalała do ilości niezbędnej do zakładania nowych szpul z drutem. Co 25 sek zamontowany jest układ LSI o 40 wyprowadzeniach. Operacja technologiczna, dawniej jedna z najdroższych bo ręczna, stała się teraz bardzo tania. Elektronika półprzewodników przeszła dzięki temu z okresu rozwoju montowni amerykańskich w Azji Południowo-Wschodniej do budowy japońskich automatycznych montowni w USA, produkujących tam układy scalone dla japońskich fabryk telewizorów.

W Polsce od kilku lat stosowane są zagraniczne automaty do montażu układów scalonych, stosujące telewizyjne rozpoznawanie obrazu. Przemysłowy Instytut Elektroniki jest już bliski opracowania prototypu takiego urządzenia krajowego. Istnieją jednak bardzo niepokojące zjawiska świadczące o niskim poziomie mechaniki precyzyjnej w polskim przemyśle półprzewodnikowym. Oto charakterystyczny przykład: ITE CEMI już ponad 2 lata temu opracował układ scalony dla kalkulatora notesowego z odczytem na wskaźnikach LCD. Układ ten nie został jednak dotąd wdrożony, gdyż Zakłady "Kazel" w Koszalinie nie były w stanie opra-

cować technologii azuru z taśmy kowarowej - 32-wyprowadzeniowej.

Technologia montażu układów scalonych w obudowie dual-in-line w obwodach drukowanych została uznana jako zbyt skomplikowana i droga. Obecnie wprowadzana jest technologia tzw. płaskiego montażu bez wiercenia otworów w obwodach drukowanych. Prace tego typu wprowadzane są do nowego Centralnego Programu Naukowo-Badawczego na lata 1986-90.

Jeśli chodzi o wytwarzanie struktur, automatyzacja wchodzi tu stopniowo w różnych odcinkach technologicznych. Jednym z głównych celów automatyzacji produkcji struktur jest wyeliminowanie ludzi z clean-roomu, będących głównym źródłem zanieczyszczeń. Istnieje kilka stanowisk dotyczących automatyzacji wytwarzania struktur. Pierwsze - to stanowisko pasywne i oczekiwanie co producenci urządzeń zrobią. A jest już znaczna liczba urządzeń w pełni zautomatyzowanych. Należą do nich urządzenia do automatycznego nakładania, suszenia, trawienia i zmywania emulsji światłoczułych, do automatycznego centrowania i naświetlania, implantacji jonów, naparowania wielowarstwowego w jednym cyklu próżniowym itp.

Niezwykle istotną sprawą w automatyzacji produkcji struktur jest transport płytek między jednym, a drugim urządzeniem w linii bez zanieczyszczania płytek. Najprostszy system polega na ręcznym przenoszeniu wypełnionych płytkami szczelnych kaset. Postęp stanowią zintegrowane podsystemy z przenoszeniem płytek na poduszce powietrznej. Najbardziej zaawansowane są w pełni zautomatyzowane systemy japońskie, stosujące transport kaset za pomocą robotów.

Jednym z przykładów zautomatyzowanego odcinka linii do produkcji struktur jest linia IBM Quick Turn Around Time, wykonująca 3-warstwową metalizację, osadzanie dielektryków i związaną elektronolitografię. Linie opracowano 8 lat. Linia jest sterowana przez komputery Hewlett-Packard.

Zarówno w automatyzacji montażu jak i w automatyzacji produkcji struktur lepsi od Amerykanów są Japończycy. W fabryce Hitachi produkującej pamięci 64k RAM wydział przetwarzający 1000 płytek dziennie zatrudnia 8-12 osób. W Stanach Zjednoczonych taki sam wydział obsługuje 40-50 osób. Na podstawie istniejących doświadczeń można stwierdzić, że gdyby z jakiejś linii usunąć ludzi jako źródło zanieczyszczeń, uzysk ostrzywy wzrósłby dwukrotnie.

Omówienie niektórych trendów w zakresie wytwarzania struktur

Do podstawowych faz procesu technologicznego należą: wytwarzanie masek i fotolitografia. Decydują one o tzw. regułach projektowania, tzn. minimalnych rozmiarach elementów, jakie można wytwarzać w IC. Te z kolei decydują o możliwej do osiągnięcia skali integracji.

Tu odbywa się najbardziej decydująca walka i najbardziej dynamiczny wzrost produkcji urządzeń. Istnieją i są w różnym stopniu stosowane alternatywne systemy wytwarzania masek i związane z nimi systemy centrowania i naświetlania, stosowane podczas fotolitografii.

Najstarszy jest optyczny system dwustopniowego wytwarzania maski o rozmiarach 1:1. Najpierw w generatorze wzorów wytwarza się pojedynczą maskę pośrednią o wymiarach 10:1, a następnie po jej kontroli i retuszu wytwarza się w kamerze powielającej wzorec maski 1:1, służący do kopiowania masek roboczych.

Nowszy jest system elektronolitograficznego wytwarzania masek w różnej skali powiększenia: 1:1, 10:1 i 5:1. System elektronolitograficzny pozwala uzyskać maski dokładniejsze, ale ma też drugą szalenie ważną cechę, o której się rzadziej wspomina, tj. znacznie większą szybkość. Generator wzorów optyczny potrzebuje na wytworzenie jednej warstwy maski układu LSI/VLSI - nieraz kilkudziesięciu godzin nieprzerwanej, niezakłóconej pracy. Musi wytworzyć setki tysięcy lub miliony błysków - plamek świetlnych. System elektronolitografii robi to w ciągu minut. Jest to niezwykle ważna cecha dla szybkości projektowania i wykonywania nowych wersji masek.

zapewniające różną zdolność rozdzielczą, przepustowość i uzysk:

- naświetlanie stykowe,
- naświetlanie proximity,
- naświetlanie projekcyjne 1:1,
- naświetlanie projekcyjne 5:1 /direct step on the wafer/.

Cechy poszczególnych sposobów zestawiono w poniższej tabelce:

W procesie fotolitografii stosuje się nakładanie, suszenie, naświetlanie, wywoływanie i trawienie emulsji. Oddzielne urządzenia, jakie były stosowane dawniej, są już przestarzałe i stosowane tylko w pracach laboratoryjnych. Obecnie stosowane są różne kombajny - automaty, różniące się systemem transportu płytek oraz takimi szczegółami jak to czy wsuwa się płytki do pieca - czy piec do suszenia nasuwa się na płytki, - suszenie podczerwienią - bezpośrednio czy pośrednio, piecem mikrofalowym itd.

Ważnym procesem dla wykonania fotolitografii jest trawienie selektywne odsłoniętych przez maskę obszarów różnych warstw emulsji, warstw dielektrycznych, metalicznych itd. W tych technologiach następuje bardzo szybkie przechodzenie od trawienia chemicznego - mokrego na różnego rodzaju trawienie suche, takie jak: trawienie plazmowe i jonowe, zwykle i reaktywne. Pod

	Stykowe	Prox.	Proj. 1:1	Step on the wafer	E-B direct	X
Zdolność rozdzielcza /mikrometry/	3-5	4-5	2,5	1,5	2	0,5
Przepustowość	100	90	80	40	15	
Cena urządzenia w tys. \$	80	120	300-500	750	~3000	

Producentami generatorów wzorów są właściwie tylko dwie firmy w skali światowej: GCA i TRE SEMIC. EQU. W zakresie urządzeń do elektronolitografii głównymi potentatami są amerykańskie Varian i Etec oraz Toshiba i Philips. Na swoje własne potrzeby opracowały je BTL, IBM, TEXAS, Hitachi, HP i Thomson. Cena urządzenia do elektronolitografii wynosi ok. 2 mln \$.

Bardzo istotnym zagadnieniem jest automatyczna kontrola masek. W systemie laserowo-komputerowym, w ciągu kilku minut, porównuje się nowe maski z wzorcem. Jest możliwość retuszu pewnych defektów przez wypalanie promieniem laserowym - dąży się do idealnych wzorców masek.

W procesie naświetlania fotolitograficznego stosowane są równolegle następujące systemy,

tym względem i polski przemysł półprzewodnikowy stoi na wyższym poziomie, stosując różne urządzenia do trawienia jonowego przy opracowywaniu i wytwarzaniu układów scalonych oraz przyrządów optoelektronicznych i mikrofalowych, zarówno krzemowych jak i ze związków A_3B_5 .

Na zakończenie należy podkreślić, że w dziedzinie technologii podzespołów półprzewodnikowych odeszło się od odrębności urządzeń technologicznych do celów laboratoryjno-badawczych i produkcyjnych. Technologia jest ściśle związana z danym typem urządzenia. Opracowywanie technologii prowadzi się na urządzeniach typu produkcyjnego. Jest to jedyny sposób na sukces we wdrożeniu opracowań do produkcji.



MIERNICTWO PRZYSZŁOŚCI W MIKRONICE

Rozpatrując przyszłość miernictwa w mikronice należy skoncentrować się nie na konkretnych rozwiązaniach systemowych, lecz na filozofii pomiarów przyszłości. Wynika ona z czterech obserwowanych, znaczących trendów:

- olbrzymi rozwój grafiki komputerowej stwarza wprost nieznaną dotychczas możliwość różnorodnego monitorowania i analizowania,
- tworzenie licznych specjalizowanych systemów testujących o konstrukcji modułowej, w miejsce wielozadaniowych systemów uniwersalnych,
- jakość procesu produkcyjnego wymaga przesunięcia zadania zbierania informacji z pomiarów cech wyrobu do pomiaru parametrów procesu,
- wzrastająca popularność i powszechność korzystania z komputera, aż do osobistego włącznie.

Należy dodać, że bazą współczesnej i przyszłej aparatury pomiarowo-kontrolnej jest mikroprocesor i jego systemy. W rozważaniach perspektywnych coraz częściej używa się pojęcia "fabryka przyszłości" /ang. factory of the future/, którą charakteryzuje minimalny udział człowieka i systemowe podejście do całości zagadnienia. Dotyczy to także pomiarów, w których obecne rozwiązania układowe przetrwają jeszcze kilka lat w niezmiennym generalnie postaci, tzn. systemy pomiarowe mniej czy bardziej rozbudowane ze składowych zespołów, tworzące indywidualne, autonomiczne systemy. Reprezentatywnym przykładem jest tester gotowych wyrobów lub półfabrykatów.

Filozofia pomiarów przyszłości

Obecnie można wyznaczyć trzy dominujące kierunki w pomiarach, kontroli i testowaniu:

- sterowanie procesem, a nie testowanie produktu: testowanie materiałów podstawowych, testowanie procesu w kolejnych stadiach powstawania wyrobu,
- kontrola i testowanie in-line procesów produkcyjnych: obserwujemy zamkniętą pętlę komputerowej integracji testowania i wzorcowania, najchętniej przy pomocy software'u,
- system informatyczny danych zarządzania, łącznie z materiałami, włączony do sieci procesów kontroli, testowania i produkcji.

Najstarsze od czasów rewolucji przemysłowej jest testowanie dynamiczne funkcjonalne /ang. test/, polegające na stwierdzeniu czy światło świeci, czy dzwon dzwoni itp. Jeszcze w latach sześćdziesiątych przeważała ta for-

ma testowania, zarówno w fabryce jak i w eksploatacji. W miarę rozwoju technologii doszła ocena wartościowa, która wyrażała się klasyfikacją i związanym z nią sortowaniem, które włączone zostały do procesu testowania. Dalszy etap to lokalizacja wad, czyli diagnostyka.

Dzień dzisiejszy, to przede wszystkim testowanie i testery skomputeryzowane, określane jako CAT /Computer Aided Test/. Automatyczna stymulacja i automatyczna analiza wyników poprawiły sterowanie, szybkość, powtarzalność i precyzję testowania. CAI /Computer Aided Inspection/, to "automatyczna czułość", która eliminuje subiektywizm człowieka, lepsza /a więc nie zwiększa, lecz optymalizuje/ częstość testowania i percepcję stanów, prowadząc do obiektywnej organizacji jakości wzorców. Pomiar z udziałem własnych komputerów /wbudowanych/ daje możliwość ilościowej oceny danych zebranych podczas testowania. Ważniejsze od automatyzacji są istotne zmiany w szybkości, wykorzystanie szerokiego asortymentu sensorów i integracja pełnych danych fabryki. Sensory reagują na większość zjawisk fizycznych bardzo precyzyjnie, szybko, liniowo i powtarzalnie. Wzrost szybkości i obniżenie kosztów pozwoliły natomiast na wykorzystanie dawnej kontroli jakości, jako on-line kontroli procesu.

Integracja danych tradycyjnego systemu informacji zarządzania /ang. MIS - Management Information Systems/ z działalnością fabryki w czasie rzeczywistym i przepływem wyrobu pozwala na szybkie decyzje. Komputerowe monitorowanie i analiza warunków produkcji pozwalają na sterowanie, począwszy od zasobów magazynowych do wymagań materiałowych i od cząstkowych odchyłek do dynamicznego sterowania maszyn. Ta kompleksowa integracja - to właśnie przyszłość pomiarów w mikronice. W tej filozofii pomiarów istotne są dwa pytania:

- jaki jest optymalny zestaw punktów testowania przy maksymalnej oszczędności kosztów i wydajności?
- ile testów wystarczy do całościowego opanowania zagadnienia?

"Ludzie jakości" preferują szybkie, automatyczne tzw. rozwinięte testowanie, manipulując wyższym poziomem testowania. "Ludzie procesu" preferują bardziej dokładne, automatyczne urządzenia technologiczne, pozwalające na mniej elementów testowania. Jak zwykle najlepszym rozwiązaniem jest rozwiązanie pośrednie. Coraz więcej rozwiązań włącza testowanie w linię produkcyjną. Racjonalność tego wyzna-

cza poniesiony koszt, łącznie ze wzrastającą szybkością i dokładnością testowania. Stosowane już 100% testowanie chroni przed wprowadzeniem złych materiałów do procesu produkcyjnego, a 100% testowanie krytycznych operacji technologicznych chroni przed dodawaniem błędów do już zdefektowanych półproduktów. Jednocześnie monitorowanie identyfikuje anomalie w operacjach krytycznych, a pobrane stąd dane mogą prowadzić, on-line, do modyfikacji i korekty procesu. Testowanie staje się więc integralnym elementem sterowania procesem fabryki.

Coraz powszechniejsze staje się bardzo "młode" pojęcie testowalności wyrobu. Aby je wykorzystać wprowadza się do procesu testowania CAD /ang. Computer Aided Design/, które ułatwia projektowanie logiki testowalności wyrobu oraz "idealnych" wzorców testów dla danych wyrobów.

Innym prądem perspektywicznym jest rozwój sofistycznych systemów sensorowych i postęp w sztucznej inteligencji /ang. AI - Artificial Intelligence/. Najważniejsza jest jednak CIM /ang. Computer Integrated Manufacturing/, komputerowa integracja produkcji, na którą składa się integracja funkcjonalna i sieć połączeń między CAD i CAM, CAT i CAD, AI i MIS /ang. Management Information Systems/.

Spójność pomiarów i montażu

Filozofia przyszłości przewiduje testowanie procesów a nie wyrobów. Pociąga to za sobą pewne konsekwencje m. in. takie jak powiązanie pomiarów i operacji szczególnie istotnych dla danego procesu /np. w produkcji mikroniki można do nich zaliczyć montaż/. Istnieją cztery podstawowe techniki montażu:

- montaż ręczny, przy bardzo małej produkcji,
- montaż o stałej, albo sztywnej automatyzacji /ang. hard automation/, w którym występują urządzenia specjalizowane, przewidziane do dużej produkcji trudnych wyrobów,
- montaż o elastycznej automatyzacji /ang. flexible automation/ obsługiwany przez urządzenia programowane; w tej grupie mieszczą się także roboty przemysłowe,
- montaż o automatyzacji hybrydowej.

Automatyzacji sztywnej nie przewiduje się w przyszłości, ponieważ istniejący w procesie błąd powoduje, że urządzenie produkuje zły wyrób z tą samą, dużą szybkością. Najkorzystniejsze wydaje się reprogramowanie urządzeń montażowych, zgodnie z założeniem, że lepiej jest zabezpieczać się przed złym wyrobem, niż powtarzać błędy. Należy dodać, że już obecnie roboty z udźwigniem do 2,5 kg, a takie nas interesują, pracują z dokładnością przestrzenną około 0,02 mm przy szybkości około 1m/s /przeliczenia z cali/. Oddzielne mikroprocesory sterują każdą osią, a główny mikroprocesor jest kontrolerem. Stosowany przy tym system wizyjny ma rozdzielność 256 x 256

pikseli. System taki sprawdza /według Honeywell Lab./ ponad 1500 połączeń lutowanych w ciągu jednej minuty. Prawidłowy montaż wpisany jest do pamięci i z nim porównywany jest montaż wykonany. System może rozróżnić lutowany mostek średnicy 0,1 mm i otwór średnicy 0,2 mm. System ten, poprzez oddzielny komputer, za pomocą dwuwymiarowego algorytmu, uruchamia inny robot, w którym laser może np. naparować mostek lub pokryć powłoką słaby lut. System kosztuje /dane z 1984 r./ od 80000 do 130000 dolarów i amortyzuje się w ciągu półtora - dwu lat. Podkreślić należy, że programy są pilnie strzeżone. Należy przypomnieć, że ciągle mówimy o procesie, a nie o wyrobie. Staje się to możliwe w miarę spadku kosztów i wzrostu szybkości, dokładności i sofistyki technik testowania. Wykrywane w wyniku testowania zmiany w wyrobie, generują dane korekcyjne do procesu, polepszając wydajność. Mamy do czynienia ze sterowaniem procesem w pętli zamkniętej.

Wspomnieć jeszcze należy o nowych technologiach sensorów bezstykowych obrazu. Powstają systemy przetwarzania obrazu w miarę rozwoju procesorów VLSI i VHLSI, projektowanych specjalnie do tych celów; osiąga się już szybkość megapikseli operacji na sekundę. W latach osiemdziesiątych nastąpił skok 100-1000-krotny/.

NBS /National Bureau of Standards/ sugeruje, że dominującą strategią kontroli jakości będzie w przyszłości bezpośrednia kontrola procesu, a nie pomiar parametrów wyrobu. NBS proponuje nazwę "Deterministic Metrology". Koncepcja ta bazuje na znanej wcześniej charakterystyce otoczenia, znormalizowaniu materiałów i dobrej znajomości procesu, co pozwoli na wcześniejsze modelowanie oczekiwanych wartości. Tego rodzaju strategia pozwoli również na monitorowanie procesu w czasie rzeczywistym. Istnieją jednak parametry wyrobu obecnie niekontrolowane i wówczas należy wrócić do sortowania wyrobu, oczywiście w najwcześniejszym etapie cyklu produkcyjnego.

Automatyzacja fabryki

Przemysł mikroniki /umownie przyjęto, że jest to przemysł elektroniczny i przemysł precyzyjny/, a przede wszystkim mikroelektroniczny posiada pewne cechy, które sprawiają, że stanowi on doskonały obiekt do automatyzacji. Należą do nich:

- dominująca rola procesów montażowych,
- warunki produkcji w przeważającej części stosunkowo czyste,
- inherentne procesy i kontrola dobrze zdefiniowane i nie zmieniające się zbyt często u różnych producentów,
- ciąg produkcyjny strukturalny i przewidywalny,
- produkcja o charakterze dostatecznie masowym.

Wynika stąd możliwość stosowania urządzeń w dużym stopniu znormalizowanych, celem zapewnienia zwiększonej wydajności. Nasuwa się tu pytanie:

- czy kupić urządzenia szybkie i niedrogie lecz przeznaczone tylko do produkcji jednego typu wyrobu /a wymagających ustawiania dla każdej linii produkcyjnej/?
- czy kupić urządzenia wolniejsze, lecz droższe, które można użyć do różnego typu wyrobów?

Czynnikiem, który skłania do przyjęcia drugiej koncepcji, jest m. in. rozwój urządzeń "widzących" /ang. vision system/; w tej grupie znajdują się urządzenia znane pod nazwą rozpoznawanie obrazu. Urządzenia te zdolne są do monitorowania procesu, do porównywania wyrobu z wzorcem bez udziału człowieka. Są to urządzenia elastyczne /w odróżnieniu od sztywnych/, wymagają jednak dość bogatego oprogramowania.

W przyszłości sprawą istotnej wagi stanie się automatyzacja dwóch funkcji fabryki: procesu i kontroli. Pełne zautomatyzowanie fabryki wymaga uprzedniej całkowitej integracji, co oznacza zautomatyzowanie urządzeń procesu i kontroli, sterowanych z jednego źródła. Jako pierwszy stopień integracji przyjęto projektowanie wyrobu, korzystając z bazy graficznej i danych CAD. Pozwala to na generowanie programu sterowania urządzeniami i kontrolę wyrobu /np. przez użycie post-procesorów tworzenie taśm koordynat pracy urządzeń, ich autostartów itp./.. Dla CAM i CIM podstawowym wymaganiem jest natomiast monitorowanie w czasie rzeczywistym. Software jest tu budowany według MIS /Management Information System/ i MRP /Materials or Manufacturing Requirements Planning/, w oparciu o identyfikację wyrobu, wspólną dla wszystkich operacji produkcyjnych /numer, dane wejściowe, czas/. Testowanie jest więc istotną częścią pełnego procesu produkcyjnego. W przyszłości przewidziane są pełne badania operacji produkcyjnych. Powszechny stanie się trójwymiarowy, kolorowy, animowany obraz. Powiedzenie "obraz jest wart tysiąca słów" nabiera tu nowego znaczenia. Oznacza to koniec tasiemcowych wydruków i nie zawsze czytelnych histogramów.

Podstawową zaletą testerów jest zdolność do sprzęgania systemów testujących ze sobą, systemów tych z komputerami nadrzędnymi, tych z kolei z komputerami głównymi, systemów testujących z urządzeniami technologicznymi. Należy postawić pytanie, jak daleko zajdzie zamknięta pętla testowania i produkcji? Sposoby łączenia urządzeń mają być maksymalnie elastyczne, łatwo przystosowalne do współpracy między sobą, a znaczącą rolę uzyskuje monitor. Wielorakość zastosowań stwarza problem oprogramowania, czy ma być ono sztywne /ang. kernel software/ czy elastyczne /ang.

free application software/. Preferuje się raczej - to drugie, tzn. elastyczne.

W miarę wzrostu złożoności urządzeń obecne podejście do oprogramowania staje się wręcz przestarzałe. Wywołanie kolejnych połączeń i wyprowadzeń już jest niepraktyczne. Przygotowanie programu odbywa się graficznie, poprzez serię obrazów tworzących koncepcję programu testowania. Mamy schemat testowania obiektu, schemat modułowy testera, połączenia, wartości wejściowe i oczekiwane wartości wyjściowe. Otrzymujemy program, na ekranie pojawia się procedura krok po kroku /ang. step by step/, obraz po obrazie programu, np. numer pięć. W ten też sposób wiele funkcji hardware'u zastępuje software. Filtry, mierniki, detektory zastępowane są przez korelację, konwulencję /skręt/, bardzo szybką transformację Fouriera i inne funkcje matematyczne. Stwarza to jednak wymagania coraz szybszych procesów, nawet gigahercowych, dla hardware'u. Sprawą niezbyt odległej przyszłości jest zmiana techniki manipulacji i "cokołowanie" /ang. socketing/. Będzie to bezstykowe testowanie, od materiałów wejściowych do gotowego wyrobu.

Transport informacji

W miarę powiększania sieci testowania, zwiększania liczby testerów i komputerów, zapewniających pełną integrację informatyczną fabryki, coraz większą rolę odgrywa transport informacji, zwany też komunikacją /ang. communication/. Składają się na to wszelkiego rodzaju elementy dopasowania, a więc przede wszystkim sieci lokalne i interfejsy. Dąży się do prawnidłowego, tzn. przy minimum strat i przekłamań, przepływu strumienia danych między komputerem głównym, zwanym też nadrzędnym /ang. host computer/, komputerami pomocniczymi czy podrzędnymi, testerami i urządzeniami technologicznymi. Chodzi tu o pełne dopasowanie między składowymi zespołami. Przy braku dopasowania, można mówić o pełnej analogii z odrzuceniem przeszczepu w systemie biologicznym.

Należy tu wspomnieć o dwóch różnych koncepcjach. Starej, która według architektury urządzenia von Neumanna, przewiduje budowę systemu "wokół" komputera. Nowa koncepcja daje pierwszeństwo software'owi, na co pozwolił mikroprocesor. Wszystkie zespoły transportu i prezentacji otrzymują nową nazwę "portway" /brak polskiej nazwy/, na co składają się handlery, probery, elementy transportu, ładowarki, magazyny oraz stacje końcowe.

Jakość i testowalność

W miarę wzrostu złożoności wyrobów wzrasta znaczenie testowalności wyrobu. Istotny akcent kładzie się na zapobieganie defektom, a nie jak dotychczas na badanie jakości i wykrywanie defektów. Wymaga to jednak informacji bardziej sofistycznej. Testowanie go/no go /pass/fail/

zastępowane jest analizą procesu, niezbędną do określenia jak poprowadzić proces według kontroli statystycznej. W tej sytuacji ręczne zbieranie danych o wyrobie z testerów nie spełnia już swojej roli. Należy ponadto włączyć testy zarówno z produkcji jak i z eksploatacji. Mogą istnieć różne poziomy integracji i automatyzacji, jako wynik hierarchicznego włączenia systemów kontrolowanych komputerem. Pierwszy poziom to automatyzacja indywidualnych gniazd roboczych, na których każda funkcja testowania, jak np. testowanie wejściowe i produkcyjne, tworzy sieć dla zbierania i analizy danych. Wynikiem tego jest informacja w czasie rzeczywistym, przyczyniająca się do kontroli procesu w każdym gnieździe roboczym. Większość producentów już obecnie przystosowuje systemy testujące do tworzenia zautomatyzowanych gniazd roboczych.

Następnym poziomem jest integracja gniazd mająca na celu ułatwienie przepływu informacji

testującej między gniazdami. Pozwala to np. na cofnięcie informacji do wcześniejszego stopnia procesu. W ten sposób można uczynić testowalnym cały proces produkcyjny, poczynając od projektu wyrobu. Dane błędów są gromadzone i klasyfikowane w każdym systemie testowania i przenoszone do centralnej bazy do analizy. Ilość tych danych stale jednak wzrasta i może stać się przytłaczająca. Jednym z kierunków analizy jest korzystanie, przy podejmowaniu decyzji, z danych historycznych procesu. A "klejem", który łączy różne części systemu w jedną całość jest software. W połączeniu z centralną bazą danych, można będzie gromadzić i analizować informację w czasie rzeczywistym, spożytkowaną do określenia jakości tak projektu jak i produkcji.

W artykule niniejszym często padało określenie przyszłość, pod którym należy rozumieć przełom XX i XXI wieku.



doc. dr inż. STEFAN OKONIEWSKI
Politechnika Warszawska

NOWE MATERIAŁY I ICH WPŁYW NA POSTĘP W DZIEDZINIE MIKRONIKI

Różnorodność materiałów wykorzystywanych w nowoczesnej technice jest ogromna. Jednakże nie tylko w ilości odmian materiałów tkwią źródła postępu. Dopatrywać się ich należy głównie w poprawie czystości i perfekcji budowy, nieraz bardzo złożonej, wybranych materiałów. Niektóre materiały uważane są za klasyczne, gdyż wykorzystuje się je powszechnie do produkcji standardowych wyrobów. Inne, dotychczas nie stosowane w skali produkcyjnej, decydujące o postępie uważa się za nowe. Oczywiście przydatność tej definicji ma znaczenie lokalne.

Producent wytwarzający wyroby standardowe powinien liczyć się z opinią odbiorców i z konkurencją, co zmusza go do podejmowania trudu ulepszania produktu lub zastąpienia go nowym, dotychczas nie wytwarzanym. Postęp można osiągnąć poprzez ulepszanie konstrukcji przy zastosowaniu klasycznych materiałów lub przez zastosowanie materiałów o nowych właściwościach, dotychczas nie wykorzystywanych w technice. Są to te same materiały uważane dotychczas za klasyczne, lecz których właściwości uległy istotnym zmianom dzięki specjalnym zabiegom technologicznym. Przykładowo można wskazać krzem, główne tworzywo dla mikroelektroniki, używany od dawna do wytwarzania przyrządów półprzewodnikowych, który pod względem zastosowania przeszedł znaczną ewolucję. Początkowo, przyrządy półprzewodnikowe wytwarzano z jedno a następnie 2-calowych monokryształów o znacznej gęstości dyslokacji. Obecnie na świecie podejmuje się produkcję 10-calowych monokryształów krzemu o niemal

bezdefektowej strukturze, co pozwala stosować go do produkcji układów scalonych wielkiej skali integracji. Tę bogatą karierę aplikacyjną krzem zawdzięcza coraz lepszym /nowym/ technikom wytwarzania oraz coraz bardziej wyrafinowanym badaniom jego budowy i właściwości.

Krzem w dziedzinie zastosowań do budowy przyrządów półprzewodnikowych miał swego prekursora w postaci germanu. Ma również, chociaż ciągle nie traci znaczenia, swoich epigonów w postaci arsenku galu /GaAs/ i fosforu indu /InP/. Prócz modyfikacji często wprowadza się do produkcji nowe materiały dotychczas nie wytwarzane.

Mówiąc o nowych materiałach należy wspomnieć o niektórych, bardzo istotnych technikach wytwarzania. Niewątpliwie dla nowoczesnych materiałów, stosowanych w dziedzinie określonej mianem mikroniki ogromne znaczenie ma technika próżniowa. Jest ona niezbędna w wielu procesach technologicznych i w badaniach. Cechą materiałów stosowanych do wytwarzania przyrządów i urządzeń elektronicznych jest ich wysoka czystość chemiczna, uzyskiwana metodami próżniowymi. Mają one zastosowanie do domieszkowania półprzewodników, wytwarzania warstw epitaksjalnych oraz związków półprzewodnikowych $A^{II}B^{VI}$ i $A^{III}B^V$, do wytwarzania specjalnych stopów lutowicznych oraz cienkich warstw metalicznych i dielektrycznych metodami naporowywania w próżni lub rozpylania katodowego. Istotną ro-

lę w przygotowaniu monokryształów krzemu i innych półprzewodników ma próżnia. W zastosowaniach technicznych jej wysokość wynosi od 10^{-3} Pa do 10^{-6} Pa.

Obecnie szczególne zainteresowanie skierowane jest na: Ga, In, Sb, Te, Cd, Zn, Se, Bi, Ag, Cu, Al, Ni, Pb, Cr, Sn. Znaczne zmniejszenie zanieczyszczeń można uzyskać przez przetopienie materiału w próżni. Pozbawia się go wówczas zanieczyszczeń, wykazujących dużą prężność par. Nie rozwiązuje to jednak całkowicie problemu oczyszczania substancji, gdyż we wsadzie pozostają zanieczyszczenia o mniejszej prężności par własnych. Lepsze wyniki oczyszczania uzyskuje się metodą destylacyjną polegającą na przeprowadzaniu w stan pary oczyszczanej substancji, a następnie kondensowaniu jej w sposób frakcjonowany. Zastosowanie metody destylacji ogranicza zbyt wysoka temperatura parowania, która np. dla indu i galu, przy ciśnieniu 10^{-6} Pa, przekracza 1200°C .

Wysoką czystość materiałów osiąga się również metodami topienia i następującej po tym krystalizacji. Na tej zasadzie oparta jest często, stosowana w różnych odmianach, metoda topienia strefowego. W metodzie tej wykorzystuje się zjawiska podziału domieszki między fazą ciekłą i stałą. Skuteczność oczyszczania metodą topienia strefowego przewyższa możliwości innych technicznych metod oczyszczania.

Nie tylko wysoka czystość materiałów półprzewodnikowych jest istotna dla ujawnienia pożądanych, jednorodnych właściwości fizykochemicznych lecz także doskonałości struktury osiąganego w procesach monokrystalizacji. /Zwłaszcza w metodzie Chochrańskiego./ Należy podkreślić, że procesy monokrystalizacji modernizują się wraz ze wzrostem wymagań stawianych półprzewodnikom. Obecnie procesy monokrystalizacji sterowane są numerycznie. Istotnym problemem jest odpowiednie kształtowanie frontu krystalizacji przez stosowanie do tego celu ekranów cieplnych oraz pola magnetycznego. Uzyskanie dzięki temu płaskiego frontu krystalizacji zapobiega występowaniu naprężeń w skrytalizowanej fazie stałej, co przyczynia się do zmniejszenia możliwości powstania defektów.

Nie wszystkie procesy obróbki materiałów półprzewodnikowych przebiegają w próżni. Niektóre wymagają stosowania atmosfery ochronnej pasywnej lub aktywnej. Przy wytwarzaniu warstw epitaksjalnych na arsenku galu stosuje się np. wodór o czystości rzędu 0,01 ppm. Na takim poziomie powinna się również utrzymywać czystość pozostałych substratów. Szczególne trudności występują przy syntezie związków zawierających składniki lotne, a więc przy arsenku galu i fosforu indu. Aby uniknąć wyparowywania lotnego składnika /arsenku lub fosforu/ proces tworzenia związku należy przeprowadzać w zamkniętym tyglu lub ampule przy

bardzo powolnym ogrzewaniu /do kilku dni/ do momentu, aż składniki wsadowe utworzą związek, który następnie można stopić i poddać monokrystalizacji.

Dla przyszłych zastosowań należy utrzymać właściwy skład stechiometryczny związku, gdyż wahania składu chemicznego powodują określony rozrzut parametrów użytkowych materiału, a tym samym rozrzut parametrów elementów wykonanych z tych materiałów.

Znaczne trudności towarzyszące wytwarzaniu monokryсталicznych związków nagrodzone są korzystnymi parametrami wykonanych elementów oraz /w pewnym sensie/ prostszą techniką ich wytwarzania. Spośród wielu materiałów półprzewodnikowych stosowanych w technice przedstawiono zaledwie zarys problemów związanych z przygotowaniem krzemu, a zwłaszcza arsenku galu i fosforu indu do wytwarzania przyrządów półprzewodnikowych, mając na uwadze ich wiodące znaczenie dla rozwoju układów LSI i VLSI.

Podsumowując problemy dotyczące materiałów półprzewodnikowych należy przedstawić główne zadania, które w tej dziedzinie wymagają rozwiązania:

Dla krzemu: uzyskanie dużej jednorodności własności elektrycznych, regulowanie zawartości tlenu, zmniejszenie zanieczyszczenia oraz uzyskanie prawidłowej bezdefektowej budowy, przy znacznych średnicach monokryształów.

Dla związków półprzewodnikowych: uzyskanie materiału o małej gęstości dyslokacji, wysokiej ruchliwości nośników nie osiąganego w krzemie /dzięki temu wielokrotnie wzrasta szybkość działania przyrządów np. mikrokomputerów/.

Uzyskanie materiałów o własnościach półizolacyjnych /ważne ze względu na uproszczenie procesów wykonywania układów scalonych/ oraz uzyskanie stabilności termicznej.

Rozwiązanie tych zadań ukazuje właściwy kierunek postępu w dziedzinie materiałów p.p i ma na celu:

- zwiększenie skali integracji układów scalonych,
- zwiększenie szybkości działania,
- zmniejszenie energii otwarcia bramek logicznych,
- zwiększenie odporności na zakłócenia elektryczne, jonizacyjne itp. /,
- zwiększenie niezawodności działania.

Obecnie wiele uwagi poświęca się cienkim warstwom organicznym. Wykazują one wiele cech przydatnych dla mikroelektroniki w układach scalonych oraz w optyce zintegrowanej. Szczególną rolę spełniają tu warstwy otrzymane z monomerów krzemooorganicznych /siloksanów/ oraz z silazanów. Nakłada się je w postaci warstw o kontrolowanej grubości w temperaturze pokojowej, stosując jako meto-

dę polimeryzacji technikę wyladowania jarzeniowego w parach monomerów. Obróbka ciepła tych warstw wpływa na modyfikację ich własności po nałożeniu na metal lub półprzewodnik. Uzyskuje się wówczas struktury odporne na wpływy termiczne oraz na agresywne działanie czynników chemicznych i ich par.

W ostatnich latach wysokie tempo rozwoju wykazuje optoelektronika. Jej domeną jest przetwarzanie sygnałów elektrycznych na fotonowe i fotonowych na elektryczne oraz zmiana długości fal świetlnych, ich wzmacnianie i wizualizacja. Szczególne znaczenie ma optoelektronika światłowodowa mająca zastosowanie praktyczne w różnych dziedzinach techniki, a przede wszystkim w automatyce, robotyce, informatyce oraz telekomunikacji. Wykorzystywane są tu światłowody cylindryczne i planarne. Obok optoelektroniki światłowodowej rozwija się optoelektronika obrazowa i laserowa. Główne materiały wykorzystywane w optoelektronice to monokryształy niobianu litu i granatu itrowo-glinowego /wytwarzane metodą Verneuil/ oraz szkła optyczne produkowane ultraczystej krzemionki SiO_2 . Duża czystość krzemionki ma decydujący wpływ na tłumienność światłowodów. Na wartość tłumienności mają wpływ także inne czynniki, np. dodatki modyfikujące / Li_2O , Na_2O , K_2O / dodane do krzemionki, oraz jony Se, Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Co, Mn i jony OH^- , pochodzące z pary wodnej.

Początkowo włókna szklane produkowane z niezbyt czystych składników wsadowych wykazywały tłumienność dochodzącą do 4000dB/km, obecnie w nowoczesnych włóknach światłowodowych osiąga się wartość około 5dB/km. Zależy ona również od długości fali świetlnej przesyłanej przez światłowód. Nie bez znaczenia jest tu również rodzaj płaszcza osłaniającego światłowód. Na podkreślenie zasługują również tlenek cynku /ZnO/ i związki tantalu / Ta_2O_5 / stosowane do wytwarzania światłowodów planarnych metodą rozpylania jonowego. Światłowody z tych materiałów wykazują właściwości anizotropowe, zależne od wartości parametrów technologicznych zastosowanych przy ich wytwarzaniu.

Materiały magnetyczne znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach techniki. Mają ogromne znaczenie w sprzęcie powszechnego użytku, telekomunikacji, urządzeniach cyfrowych, elektronice profesjonalnej i przemysłowej oraz w automatyce, technice mikrofalowej, motoryzacji i w wielu innych dziedzinach. Materiały magnetyczne stosowane do niedawna głównie w elektronice i elektrotechnice objęły obecnie swym zasięgiem wiele innych dziedzin. Produkuje się zarówno bardzo proste magnesy do sprzętu powszechnego użytku jak też złożone pod względem materiałowo-technologicznym: tzw. superferryty, monokryształy magnetyczne i pamięci domenowe, przeznaczone do maszyn matematycznych. W tej dziedzinie osią-

gnięto gęstości upakowania odpowiadające wielkiej skali integracji VLSI. Taka różnorodność materiałów ma oczywiście wpływ na sposób ich przetwarzania. Wiele magnesów produkuje się metodami właściwymi dla masowej produkcji hutniczej i ceramicznej, lecz te o najwyższych, wyrafinowanych parametrach wymagają specjalnych metod wytwarzania, porównywalnych z produkcją materiałów półprzewodnikowych wysokiej klasy. Odpowiednio do tego kształtują się koszty ich produkcji. Według źródeł amerykańskich, licząc na jednostkę masy, ceny te kształtują się jak 1:10⁸.

Magnesy trwale odznaczają się znaczną dynamiką rozwoju. W ostatnim 25-leciu światowa produkcja roczna wzrosła pięciokrotnie. Bliższa analiza wykazuje, że wzrost ten spowodowany został szybkim rozwojem, zwłaszcza ilościowym, magnesów ferrytowych, przy ustabilizowanej wielkości produkcji magnesów stopowych. Podstawowymi materiałami magnetycznie twardymi są stopy typu alnico i ferryty. Ich pozycja w technice nie została zachwiana, mimo że pojawiły się na rynku nowe materiały o właściwościach magnetycznie twardych, takie jak: magnesy lantanowców z kobaltem /zwane magnesami ziem rzadkich/, magnesy żelazowo-kobaltowo-chromowe i magnesy manganowo-glinowe. Spośród wymienionych materiałów magnetycznie twardych dobrymi właściwościami wyróżniają się przede wszystkim magnesy lantanowców. Dotyczy to głównie wartości energii /BH/_{max} oraz koercji, a wartość remanencji osiąga w nich wartości wystarczające w zastosowaniach.

Rozwój tych materiałów napotyka jednak na duże trudności ze względu na dostępność lantanowców /Sm i Nd/ oraz ich koszt. Należy więc przewidywać, że magnesy lantanowców nie uzyskają dominacji nad magnesami ferrytowymi i magnesami alnico mimo pojawienia się nowych możliwości ich zastosowań. Nie najlepsze prognozy dla rozwoju magnesów alnico wynikają ze wzrastających cen światowych kobaltu. Mimo trudności, o których wspomniano istnieje konieczność rozwoju produkcji materiałów magnetycznie twardych ze względu na wzrastające ich zapotrzebowanie, spowodowane koniecznością rozwoju komplementarnych dziedzin techniki, np. silników elektrycznych małej mocy.

Drugą, nie mniej ważną grupę materiałów magnetycznych, stanowią materiały magnetycznie miękkie. Tworzą ją materiały magnetyczne stopowe i spiekane. Do najważniejszych, klasycznych materiałów magnetycznie miękkich należą stopy żelaza z krzemem o ziarnie orientowanym o wybitnej anizotropii, materiały o ziarnie nieorientowanym oraz stopy żelaza z niklem-permaloje i stopy żelaza z niklem i molibdenem /supermaloje/. Istotną cechą tych materiałów jest duża magnetyzacja nasycenia, magnetyzacja remanencji oraz bardzo

mała koercja, dzięki czemu straty z przemagnesowania są małe. Postęp w tej dziedzinie, również w Polsce, przyczynia się do ich zmniejszenia. Materiały spiekane to ferryty produkowane z tlenków żelaza, tlenków manganu i tlenków cynku oraz tlenków żelaza z dodatkiem tlenków niklu i tlenków cynku. W poszukiwaniu coraz lepszych parametrów użytkowych do zestawu podstawowych składników wprowadza się również, w niewielkich ilościach, inne domieszki. Do spiekanych materiałów magnetycznych zalicza się również granaty itrowe i granaty itrowo-gadolnowe używane ostatnio na podłoża do przyrządów mikrofalowych, wykonywanych techniką cienko lub grubowarstwową.

Należy podkreślić, że w dziedzinie ferrytów magnetycznie miękkich mieliśmy w Polsce osiągnięcia na poziomie światowym, nie tylko w zakresie jakości lecz również ilości wytwarzanych produktów, /eksportowano je nawet do II strefy płatniczej/. Niestety, brak nowoczesnego wyposażenia badawczego i produkcyjnego sprawił, że tę korzystną pozycję utraciliśmy.

Nowymi materiałami, które wzbudziły ogromne zainteresowanie są metalowe struktury amorficzne, uzyskiwane w wyniku znacznego przechłodzenia stopionej masy metalicznej z domieszką metaloidów. Przybliżony skład tych materiałów można określić wzorem $T_{80}M_{20}$; symbol T oznacza metal przejściowy magnetyczny: żelazo, kobalt, nikiel, a M - najczęściej metaloid: fosfor, bor, węgiel, a czasem również krzem i glin. Z materiałów tych uzyskuje się taśmy o grubości od kilkunastu do kilkudziesięciu mikrometrów i o szerokości do kilkunastu centymetrów. Do wytwarzania taśm stosuje się kilka metod:

- walcowanie między dwoma walcami,
- wylanie na jeden obracający się walec,
- osadzanie na wewnętrznej ścianie obracającego bębna.

Przechłodzenie cieczy uzyskuje się dzięki niskiej temperaturze obracających się elementów. Uzyskane taśmy używa się podobnie jak klasyczne materiały magnetycznie miękkie lub jeśli są bardzo cienkie do pamięci domenowych.

W początkowym okresie powstawania maszyn matematycznych stosowane były wyłącznie pamięci magnetyczne w postaci: bębnow, dysków i taśm lub rdzeni oraz taśm o strukturze domenowej. Obecnie pojawiły się pamięci półprzewodnikowe. Najistotniejszą cechą pamięci magnetycznych jest nieulotność zapisu. Pamięci półprzewodnikowe nie wykazują tej cechy lecz są szybsze od magnetycznych.

Materiały do montażu urządzeń elektronicznych

Ogromna liczba elementów składających się na urządzenia elektroniczne stwarza problem właściwego ich rozmieszczenia i umocowania

w obudowie oraz elektrycznego połączenia. Problem ten rozwiązuje się głównie za pomocą obwodów drukowanych. Obwody drukowane w nowoczesnym sprzęcie elektronicznym składają się z płytki dielektrycznej pokrytej folią miedzianą, która po selektywnym wytrawieniu stanowi system elektrycznych połączeń elementów. Płytką tą jest jednocześnie wspornikiem mechanicznym dla elementów wyznaczającym im określone położenie w obszarze urządzenia. Stwarza ona ponadto możliwość łatwego połączenia układu z elementami zasilania, sterowania i kontroli stanu urządzenia. Przy stosunkowo małym zagęszczeniu elementów stosuje się obwody jednowarstwowe. Wraz ze zwiększeniem zagęszczenia elementów i koniecznością skrócenia dróg przesyłania sygnału stosuje się płytki dwu i wielowarstwowe, w których warstwy folii miedzianej są przedzielone warstwami dielektryka, a połączenia elektryczne między warstwami realizowane są przez metalizowane otwory.

Spośród wielu odmian laminatów do celów elektronicznych stosuje się najczęściej trzy rodzaje laminatów sztywnych:

- laminat celulozowo-fenolowy,
- laminat szklano-epoksydowy,
- laminat szklano-teflonowy.

Prócz wymienionych stosuje się jeszcze inne laminaty np. laminaty elastyczne, które stwarzają korzystne warunki dobrego upakowania elementów w obudowie oraz możliwość łatwej zmiany położenia elementów w obudowie. Laminaty elastyczne składają się wyłącznie z cienkiej folii metalowej, związanej z elastyczną folią teflonową polamidową lub poliesterową. Wszystkie te laminaty w celu uzyskania systemu połączeń są trawione selektywnie /metoda subtraktywna/. Polega to na chemicznym usunięciu miedzi z obszarów, gdzie jest ona zbędna. W ostatnich latach pojawiły się nowe materiały, pozwalające na nakładanie schematu połączeń na podłoża dielektryczne /metoda addytywna/. Jednak mimo zalet, nie wyparły one technologii subtraktywnych.

Na rynkach zagranicznych pojawiły się jako nowość laminaty z warstwą konduktywną i rezystywną jedno i dwuwarstwowe. Ich zaletą jest możliwość wykonywania na podłożu płytki drukowanej nie tylko ścieżek przewodzących lecz również rezystorów. Wprowadzenie na szerszą skalę do przemysłu laminatów z warstwą rezystywną stworzy układom hybrydowym grubowarstwowym poważną konkurencję. Zapotrzebowanie przemysłu na coraz lepsze laminaty stanowi stymulator rozwoju w tej dziedzinie. Pojawianie się na rynkach światowych coraz to nowych materiałów świadczy o koncentracji uwagi specjalistów na tych problemach.

Inwencja twórcza w dziedzinie nowych materiałów sprzyja postępowi. Jako nowe propo-

zycje należy jeszcze wymienić laminaty dobrze odprowadzające ciepło, laminaty do wykrawania /zamiast wiercenia/ oraz laminaty z cienką folią miedzianą chronioną cienką warstwą aluminium. Nowością są również płytki do montowania powierzchniowego z rdzeniem metalowym. O ile w dziedzinie podłoży nie notujemy jeszcze w kraju osiągnięć o tyle w dziedzinie materiałów do połączeń lutowniczych: stopów lutowniczych, drutów lutowniczych i topników osiągnęliśmy światowy poziom.

Listę nowych materiałów, które należałoby omówić można zestawzić stosunkowo łatwo.

Należałoby na niej umieścić m. in.:

- materiały dla piezoelektroniki,
- folie aluminiowe na kondensatory elektrolytyczne,
- proszki i druty tantalowe,

dr inż. JÓZEF CROMEK

Instytut Tele- i Radiotechniczny

mgr inż. HENRYK OLEKSY

Zakłady Maszyn i Urządzeń

Technologicznych "Unima"

TECHNOLOGIA MONTAŻU POWIERZCHNIOWEGO

Montaż powierzchniowy i związane z nim podzespoły strukturalne należą obecnie do najszybciej rozwijanych obszarów podzespołowo-technologicznych elektroniki. Montaż ten obejmuje cykl procesów technologicznych, polegający na umieszczeniu podzespołów na powierzchni płytki drukowanej oraz dokonaniu połączenia elektrycznego podzespołu ze ścieżką przewodzącą płytki bez konieczności stosowania otworów montażowych. Sposoby montażu podzespołów strukturalnych na płytce drukowanej przedstawiono na rys. 1. Podzespoły strukturalne i technologia montażu powierzchniowego są rozwiązaniami zgodnymi ze światowymi tendencjami w dziedzinie rozwoju gospodarczego, polegającymi na coraz mniejszym zużyciu materiałów, energii i pracy ludzkiej, przy jednoczesnej poprawie jakości produkowanych wyrobów.

Przesłanki wprowadzania nowej technologii

Istnieje kilka istotnych czynników, które decydują, że montaż powierzchniowy staje się coraz bardziej efektywny w stosunku do innych technik montażu. Należą do nich:

- miniaturyzacja sprzętu,
- obniżka kosztów wytwarzania sprzętu,
- wzrost asortymentu podzespołów strukturalnych i obniżka ich cen,
- dostępność coraz doskonalszych urządzeń technologicznych do montażu,
- możliwość stosowania montażu powierzchniowego łącznie z tradycyjnym montażem przewlekłym,
- wzrost jakości sprzętu.

W zakresie miniaturyzacji sprzętu wprowadzenie podzespołów strukturalnych pozwala

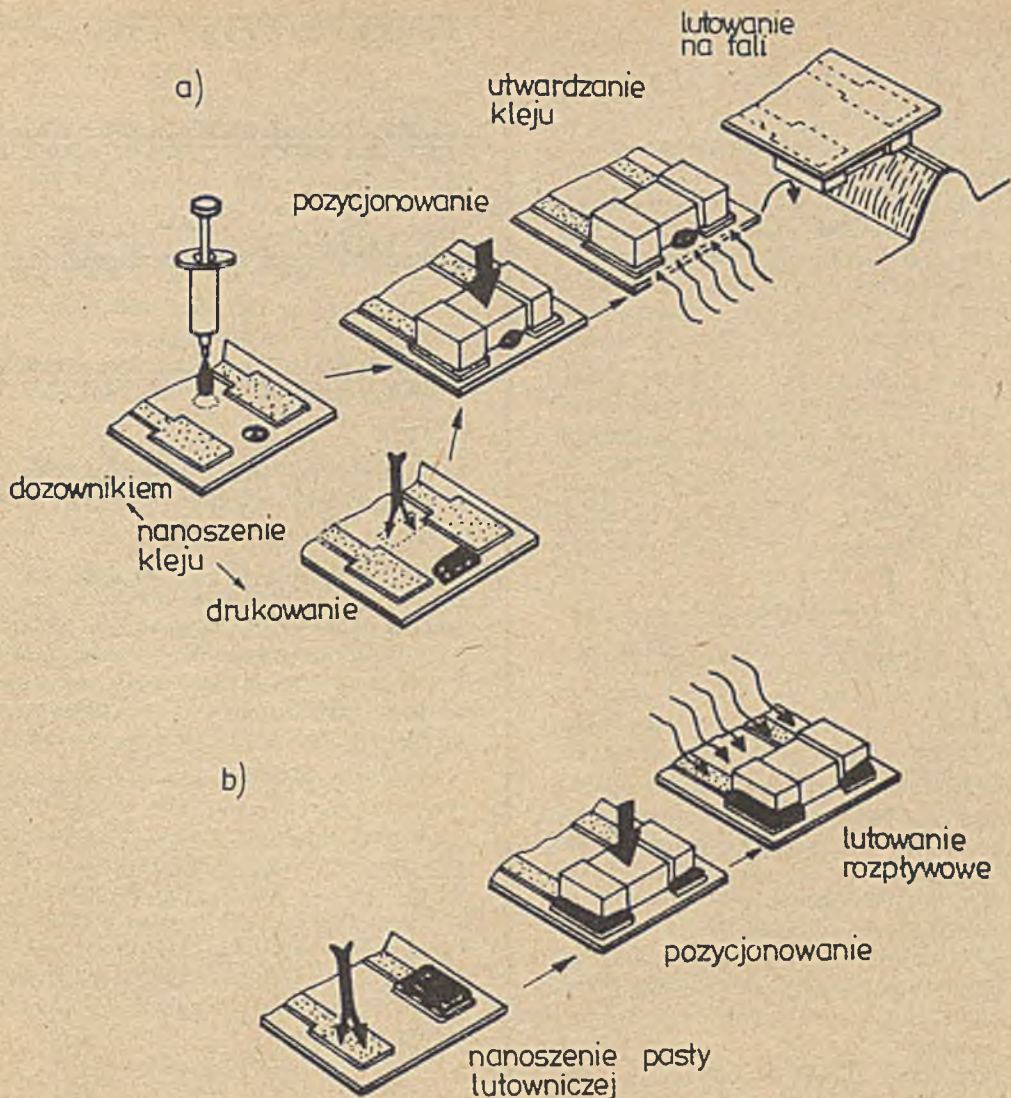
- pasty typu "conductive" do potencjometrów,
- ciekłe magnetyki /ferrofluidy/,
- folie poliestrowe i polipropylenowe do kondensatorów tworzywowych,
- materiały stykowe,
- i wiele innych.

Polska w dziedzinie badań i osiągnięć naukowych zajmuje niewątpliwie miejsce znaczące. Świadczą o tym wyniki prac, publikacje oraz udział w konferencjach międzynarodowych. Jednakże, gdy uwzględnimy stopień wykorzystania naszych osiągnięć do celów praktycznych, zajmujemy na liście światowej dalekie miejsce. Wniosek z tego nasuwa się sam. Musimy łączyć naukę z techniką, rozwijać bazę naukową i bazę techniczną oraz stworzyć warunki do efektywnego współdziałania nauki i techniki.

zwiększyć gęstość upakowania, zależnie od rodzaju i liczby podzespołów, od 2 do 6 razy. Ten wzrost gęstości upakowania uzyskuje się dzięki miniaturyzacji podzespołów, eliminacji większości otworów montażowych w płytce drukowanej i pełnemu wykorzystaniu obu stron płytki. Znaczne obniżenie kosztów wytwarzania zespołów elektronicznych wykonywanych technologią montażu powierzchniowego, stanie się realne, jeśli odrzucimy metodę oddzielnego określenia kosztów poszczególnych podzespołów w procesie produkcyjnym na rzecz oceny kompleksowej, obejmującej koszt podzespołów elektronicznych, koszt płytki drukowanej i koszt montażu.

Omawiając problem kosztów podzespołów elektronicznych należy podkreślić, że w początkowym okresie wprowadzania montażu powierzchniowego ceny podzespołów strukturalnych były wyższe od cen podzespołów konwencjonalnych. Wynikało to z faktu, że podzespoły strukturalne stosowano w technice hybrydowej, były to więc podzespoły mniej lub bardziej specyficzne, produkowane w ograniczonych ilościach. Ogromny wzrost zainteresowania montażem powierzchniowym spowodował szybki wzrost podaży podzespołów strukturalnych - ich ceny są obecnie porównywalne z cenami podzespołów konwencjonalnych. Obecnie przyjmuje się, że średnia obniżka kosztów wytwarzania zespołów elektronicznych przy wykorzystaniu również układów scalonych o wyższej skali integracji osiąga poziom 50%. Na rys. 2 przedstawiono zależność kosztu zespołu pamięci firmy Texas Instruments od obudowy układów scalonych i sposobu montażu.

Z punktu widzenia producentów sprzętu elektronicznego ważną cechą nowej technologii jest rów-

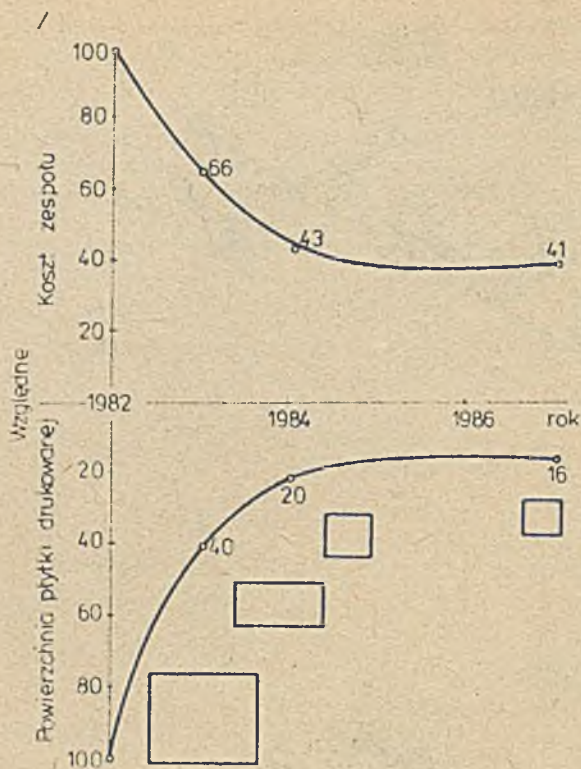


Rys. 1 Sposoby montażu powierzchniowego: a/ technologia mocowania adhezyjnego i lutowania na fali, b/ technologia past lutowniczych i lutowania rozpiywowego

niez możliwość stosowania na płycie drukowanej podzespołów strukturalnych w dowolnych kombinacjach z podzespołami konwencjonalnymi. Różne kombinacje podzespołów stosowane w technologii montażu powierzchniowego przedstawiono na rys. 3. Innym istotnym walorem tej techniki jest to, że dla znacznego obszaru aplikacji stosowane obecnie podłoża montażowe i sposoby lutowania nie wymagają większych modyfikacji. Oznacza to, że istnieją możliwości stopniowego wprowadzania nowej technologii bez narażania się na duże ryzyko. Małe rozmiary podzespołów strukturalnych i praktycznie brak końcówek powodują, że znacznie poprawiają się charakterystyki częstotliwościowe układów elektronicznych. W tym kontekście poprawa charakterystyk częstotliwościowych może również odnosić się do elektroniki cyfrowej w sensie czasów przełączania i czasów przesyłania, co odpowiada trendom do stosowania wyższych częstotliwości w układach analogowych i szyb-

szych układów cyfrowych. Ponadto stałe połączenie korpusu podzespołu z płytą drukowaną znacznie zwiększa powtarzalność wytwarzania układów elektronicznych, co jest bardzo istotne np. przy produkcji głowic UKF.

W zakresie cech użytkowych sprzętu wykonanego technologią montażu powierzchniowego konieczne jest ustosunkowanie się do problemu niezawodności sprzętu. Obecnie brak wiarygodnych materiałów na ten temat, jednakże powszechnie uważa się, że sprzęt zbudowany z podzespołów strukturalnych jest co najmniej dwukrotnie bardziej niezawodny od sprzętu, zbudowanego z konwencjonalnych podzespołów montowanych dotychczasowymi metodami. Pogląd ten jest uzasadniony, ponieważ podzespoły strukturalne, zwłaszcza bierne, mają wyższą niezawodność własną dzięki prostszej konstrukcji i mniejszej liczbie wewnętrznych połączeń elek-



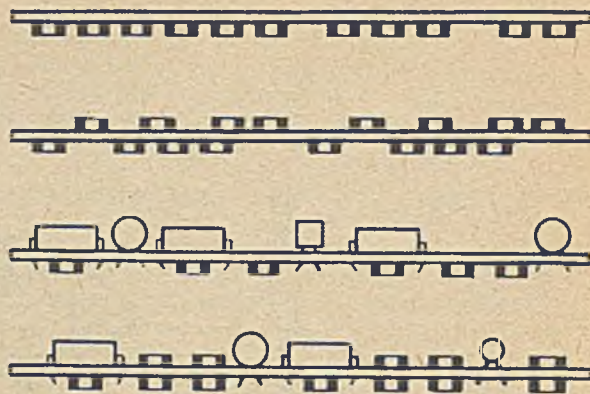
Rys. 2 Zależność kosztu zespołu mikroelektronicznego od obudowy układów scalonych i sposobu montażu

- Rok 1982 Układy scalone w obudowach DIP
Montaż przewlekany
- Rok 1983 Układy scalone w obudowach nośnik struktury z podwiniętymi wyprowadzeniami i obudowach SO. Montaż powierzchniowy
- Rok 1984 Obudowy układów scalonych jak w roku 1983. Obustronny montaż powierzchniowy
- Rok 1987 Układy scalone w obudowach TAB lub wzgórkowych. Obustronny montaż powierzchniowy.

trycznych. Poważnym problemem przy dużej gęstości upakowania podzespołów strukturalnych na płytce drukowanej jest problem testowania płytek, a ściślej połączenie płytki z testerem. Jednakże w ostatnim okresie zagadnienie to zostało pozytywnie rozwiązane przez takie firmy jak: Zehntel i General Radio.

Perspektywiczność nowej technologii

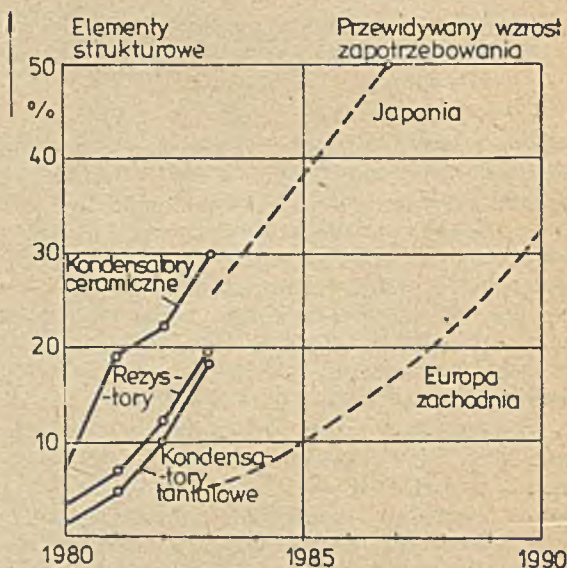
Montaż powierzchniowy w najszerszym zakresie wprowadzili Japończycy do produkowanego przez siebie elektronicznego i elektronizowanego sprzętu powszechnego użytku, traktując go jako najskuteczniejszy sposób zwiększania doskonałości tych wyrobów, a tym samym eksportu. Powszechnie uważa się, że bardzo szybki wzrost produkcji oraz stopniową obniżkę cen najbardziej złożonych wyrobów elektroniki użytkowej, jak np.: magnetowidów kaseto-



Rys. 3 Różne kombinacje podzespołów stosowane w technologii montażu powierzchniowego

wych, osiągnięto w Japonii głównie dzięki technologii montażu powierzchniowego. Należy jednak podkreślić, że głównym osiągnięciem japońskich producentów w dziedzinie montażu powierzchniowego jest zastąpienie konwencjonalnych rezystorów i kondensatorów, rezystorami i kondensatorami strukturalnymi.

O ogromnym wzroście zainteresowania powierzchniowym montażem w Japonii świadczy gwałtowny wzrost produkcji biernych podzespołów strukturalnych z 1 mld szt. w 1980 r. do 15 mld szt. w 1983 r., co stanowi 20-30% ogółu produkcji podzespołów. Jak wynika z rys. 4 poziom produkcji biernych podzespołów strukturalnych w 1987 r. będzie porównywalny z poziomem produkcji biernych podzespołów konwencjonalnych.



Rys. 4 Przewidywany wzrost udziału strukturalnych elementów biernych w sprzęcie elektronicznym

W porównaniu z Japonią tempo wprowadzania montażu powierzchniowego w Europie Zachodniej jest wolniejsze. Przewiduje się, że dopiero w 1990 r. 30-40% podzespołów konwencjonalnych zostanie zastąpionych podzespołami strukturalnymi. Niektóre firmy europejskie, jak np. Siemens uważają, że prognozy te są zbyt ostrożne i przewidują, że w 1989 r. udział podzespołów strukturalnych w sprzęcie elektronicznym wyniesie ok. 70%.

W przemyśle amerykańskim, który nastawiony jest szerzej na elektronikę profesjonalną technologia montażu powierzchniowego zaczyna dominować w sprzęcie komputerowym i motoryzacyjnym. W USA w 1983 r. wyprodukowano blisko 10 mld szt. układów scalonych, z czego 20% stanowiły układy przystosowane do powierzchniowego montażu. Jak wynika z prognoz w 1989 r. zapotrzebowanie na układy scalone w USA wzrośnie do 25 mld szt., z tym, że ok. 50% będą stanowiły układy do montażu powierzchniowego.

Produkcję podzespołów strukturalnych podejmuje również niektóre kraje RWPG, np. w ZSRR produkuje się układy scalone w obudowach płaskich, a w NRD układy scalone w obudowach SO, diody i tranzystory w obudowach SOT oraz rezystory płaskie.

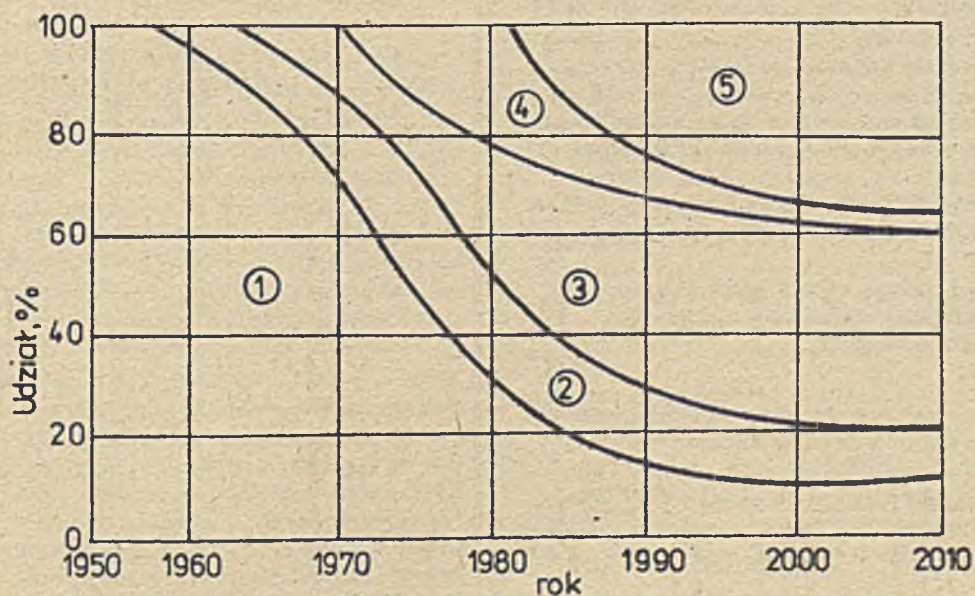
Najbardziej prawdopodobna wydaje się prognoza opracowana na podstawie danych wielu czołowych firm przedstawiona na rys. 5. Wynika z niej, że udział podzespołów strukturalnych w sprzęcie elektronicznym wzrośnie w 1990 r. do ok. 50%, a za 25 lat konwencjonal-

ne podzespoły stosowane będą tylko tam, gdzie ich zastąpienie będzie technicznie niemożliwe lub ekonomicznie niecelowe.

O perspektywiczności nowej technologii świadczy tempo prac wdrożeniowych oraz szybko wzrastająca ilość ofert handlowych na podzespoły i urządzenia technologiczne. Firma Philips dostarczyła np. do chwili obecnej 37 kompletnych linii montażowych różnych konfiguracji /m. in. do takich firm jak: Blaupunkt, Grundig, RCA, DELCO/, a moce produkcyjne są już zarezerwowane do 1987 r. Listy asortymentowe maszyn i urządzeń technologicznych, szeroki asortyment o zróżnicowanych wydajnościach począwszy od 2000 szt./h /Excellon 3Q/ do 368000 szt./h /Philips MCMIII/ dzięki temu osiąga się ogromną wydajność w pracach montażowych.

Celowość prowadzenia w kraju prac nad nową technologią

Wprowadzenie technologii montażu powierzchniowego może dać znacznie wyższe efekty techniczno-ekonomiczne niż pozostanie wyłącznie przy technologii tradycyjnej. Jest to szansa szybkiej poprawy cech użytkowych krajowego sprzętu elektronicznego przy jednoczesnej obniżce kosztów wytwarzania i eksploatacji. Wybór innej drogi oznaczać będzie dalsze zwiększanie dystansu dzielącego polską elektronikę od elektroniki krajów wysoko rozwiniętych technicznie. Wg zgodnej opinii specjalistów montaż powierzchniowy powinien być jak naj-



Rys. 5. Zmiany formy i sposobu montażu układów elektronicznych: 1. elementy przewlekane, montowane ręcznie, 2. układy hybrydowe, grubo i cienkowarstwowe, 3. układy scalone, 4. elementy przewlekane, montowane automatycznie, 5. płaskie elementy dla powierzchniowego montażu, montowane automatycznie.

szybciej wprowadzony do co najmniej 40% obecnie wytwarzanego sprzętu elektronicznego. Potrzebę tę uzasadniają oni przede wszystkim koniecznością obniżenia kosztów produkcji jak też koniecznością poprawy jakości sprzętu i zwiększenia oferty eksportowej. Wdrożenie w Polsce technologii montażu powierzchniowego wiąże się jednak z rozwiązaniem wielu uwarunkowań, zarówno technicznych jak i ekonomicznych. Większość z nich dotyczy bazy podzespołowo-technologicznej i obejmuje:

- uruchomienie lub rozwój produkcji wielu materiałów i półfabrykatów,
- uruchomienie produkcji rodziny zupełnie nowych podzespołów elektronicznych,
- opracowanie technologii montażu powierzchniowego,
- uruchomienie produkcji urządzeń do montażu podzespołów na płytkach drukowanych.

Dokonane w 1984 r. wstępne rozeznanie dotyczące możliwości przygotowania podstawowej bazy podzespołowo-technologicznej dla montażu powierzchniowego wskazuje, że może być ona przygotowana do 1990 r. Zakres ważniejszych wdrożeń związanych ze stworzeniem tej bazy powinien objąć:

- diody, tranzystory i układy scalone w obudowach przystosowanych do montażu powierzchniowego,
- rezystory, kondensatory oraz niektóre typy cewek,
- urządzenia technologiczne do montażu podzespołów na płytkach o wydajności rzędu kilku tys. szt./h.

W dziedzinie urządzeń technologicznych do powierzchniowego montażu rozważa się możliwość uruchomienia:

- urządzenia do nanoszenia pasty lutowniczej,
- automatu do pozycjonowania elementów strukturalnych z jednoczesnym podawaniem kleju, sterowanego mikroprocesorowo o wydajności 3000-8000 el/h i polu pracy 300x300 mm,
- urządzenia do utwardzania kleju,
- urządzenia do lutowania rozpliwowego w podczerwieni,
- agregatu lutowniczego z podwójną falą,
- urządzenia do taśmowania elementów,
- urządzenia do mycia,
- testerów.

Powyższy zakres wdrożeń powinien pokryć zapotrzebowanie zakładów sprzętowych w pierwszym okresie wdrożenia, tzn. w latach 1988-90. W okresie tym blokami funkcjonalnymi oraz sprzętem wprowadzającym technologię montażu powierzchniowego będą w zakresie:

- a/ sprzętu powszechnego użytku:
 - przedwzmacniacze m. cz., przedwzmacniacze korekcyjne,

- układy wskaźników i regulatorów, układy redukcji szumów, głowice FM stosowane w radioodbiornikach i magnetofonach,
- głowice telewizyjne, układy pośredniego i układy zdalnego sterowania w OTV,
- modulatory FM w magnetowidach,
- słuchawkowe przenośne radioodbiorniki i magnetofony,
- zegary, kalkulatory oraz gry elektroniczne.

b/ sprzętu profesjonalnego:

- pakiety elektroniczne w mikrokomputerach, pamięciach dyskowych, systemach sterowania numerycznego, terminalach monitorowych i drukarkach mozaikowych.

Przewiduje się, że w latach 1990-95 nastąpi znaczne rozszerzenie montażu powierzchniowego w sprzęcie powszechnego użytku oraz sprzęcie komputerowym, wynikające zarówno z rozwoju asortymentowego krajowej bazy podzespołowo-technologicznej jak i upowszechnienia techniki cyfrowej w sprzęcie elektronicznym. Osiągnięcie oczekiwanych korzyści techniczno-ekonomicznych musi być odpowiednio skoordynowane w zakładach podzespołowo-technologicznych, aby podstawowa baza powstała mniej więcej w tym samym czasie. Przyjmuje się, że punktem wyjścia do koordynacji prac będzie opracowywany obecnie kompleksowy program wdrożenia montażu powierzchniowego. Dla zminimalizowania nakładów i utrzymania wysokiego tempa prac przewiduje się podjęcie współpracy w ramach RWPG, zarówno w zakresie standaryzacji jak i specjalizacji w produkcji materiałów, podzespołów i urządzeń.

Duże zainteresowanie tą techniką wszystkich prawie zakładów branży elektronicznej oraz wyniki wstępnych prac doświadczalnych wskazują na konieczność zorganizowania ośrodka technologii montażu powierzchniowego, wyposażonego w importowane urządzenia do montażu na płytkach drukowanych. Podstawowym zadaniem tego ośrodka powinno być zapewnienie koordynacji działania zakładów podzespołowo-technologicznych w dziedzinie przygotowania bazy montażu powierzchniowego oraz działalności zakładów sprzętowych w zakresie zastosowań aplikacji. Ośrodek ten powinien inspirować aplikacje montażu powierzchniowego w zakładach sprzętowych oraz opracowania w zakresie podzespołów i urządzeń montażowych w zakładach podzespołowo-technologicznych. Powinien ponadto realizować prace własne związane z opracowaniem różnych technologii montażu powierzchniowego oraz prowadzić prace doświadczalne, związane z bieżącą oceną opracowywanych podzespołów i urządzeń elektronicznych z punktu widzenia wymagań nowej technologii.



"PROGRAF" — MINIKOMPUTEROWY SYSTEM WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA OBWODÓW DRUKOWANYCH DLA URZĄDZEN CYFROWYCH

Minikomputerowy system wspomaganie projektowania cyfrowych obwodów drukowanych PROGRAF

PROGRAF jest nowoczesnym systemem wspomaganie projektowania obwodów drukowanych działającym na minikomputerach rodziny SM. Podstawowe charakterystyki sprzętu ilustruje tabela 1.

Wariant "optymalny" gwarantuje najwyższą wydajność odniesioną do ceny sprzętu. Wariant minimalny określa graniczną konfigurację sprzętu adoptowalną do potrzeb systemu projektowania.

System PROGRAF opiera się na bazie danych projektowych.

Baza danych projektowych

Baza danych zawiera obowiązujące wymagania, normy konstrukcyjne i technologiczne, dane katalogowe, a także doświadczenia projektowe w postaci gotowych, wzorcowych rozwiązań, standardów itp. Wymiana informacji między wyspecjalizowanymi programami wspomagającymi projektowanie /rozmieszczanie, trasowanie połączeń metalizowanych/ odbywa się wyłącznie za pośrednictwem bazy danych.

Organizację wewnętrzną bazy danych projektowych charakteryzują:

- Wielofunkcyjność /wieloaspektowość/. Dane konstrukcyjne służą różnym celom, w różnych fazach procesu projektowania. Np.: symbole graficzne wykorzystuje się do celów dokumentacyjnych i zobrazowania projektu na ekranie grafoskopu, kształt zastępczy - przy rozmieszczeniu elementów, modele katalogowe elementów konstrukcyjnych - do celów weryfikacji projektu itp.

- Hierarchiczność /wielopoziomowość/. Organizacja hierarchiczna stanowi naturalną własność procesu projektowania. Poziomy w strukturze opisu wiążą się szczegółowością analizy projektowanego urządzenia zgodnie ze schematem: urządzenie → obwód drukowany → układ scalony → element logiczny → element fizyczny /opornik, tranzystor/.

Podsystem wprowadzania danych wejściowych

Standardowy zestaw nie zawiera wyspecjalizowanych urządzeń dla wprowadzenia danych graficznych (np.: "tablety", "digitizery", czytniki obrazów"). Opis problemu projektowego mu-

Tabela 1

	Zestaw minimalny	Zestaw optymalny	Możliwość rozbudowy
Procesor	SM4/Elektronika 100-25/ z układem zarządzania pamięcią	SM4/Elektronika 100-25/ z układem zarządzania pamięcią	Minikomputery serii PDP - 11
Pamięć operacyjna	64 Ksłów	128 Ksłów	
Grafskop	SM7300	SM7300 lub SM7316	Grafskopy rastrowe Automatyczne stacje graficzne
Urządzenia kreślące	DIGIGRAF	DIGIGRAF 1712 z przystawką na taśmie magnetycznej	DIGIGRAF CALCOMP XYNETICS i inne
Pamięci dyskowe	2 x 5 MB	4 x 5 MB typ SM5400 lub MERA 9450	2 x 30 MB
Pamięć taśmowa	-	SM5300 /lub inna/	-
Drukarki wierszowe	-	SM3315 lub DZM130	-
Urządzenia technologiczne	Fotokoordynatograf Wiertarki numeryczne /system QUEST/	EMMA EXCELLON	Bez ograniczeń

si być wyrażony w języku problemowo zorientowanym.

Opis danych wejściowych składa się z trzech uzupełniających się części:

- Opisu schematu logicznego projektowanego obwodu drukowanego /Język JOS/. Schemat logiczny opisuje się w języku wysokiego poziomu, którego translator wyposażono w rozbudowany zestaw środków diagnostycznych oraz usprawniających poprawianie lub modyfikowanie danych wprowadzonych do bazy danych.

- Opisu konstrukcyjnego /język KNS/. Opis konstrukcyjny obwodu drukowanego zawiera między innymi:

- definicje jednostki miary /metryczna, calowa/,
- opis płytki montażowej,
- wstępne rozmieszczenie elementów konstrukcyjnych /np.: złącza/,
- definicje obszarów zabronionych dla rozmieszczania i trasowania,
- parametry /ograniczenia konstrukcyjne i technologiczne/.

- Opis kształtów symboli geometrycznych dla celów dokumentacyjnych i zobrazowania na ekranie grafoskopu /Język JOG/. Opcjonalnie, schemat logiczny projektowanego obwodu drukowanego może być wprowadzony w trybie interakcyjnym, za pośrednictwem grafoskopu. Operator, za pomocą pióra świetlnego rozmieszcza symbole elementów składowych na ekranie grafoskopu. Zawartość obrazu stanowi umowną jednostkę zwaną stroną schematu. Połączenia logiczne między elementami są także rysowane ręcznie, po wskazaniu piórem świetlnym kontaktów, początkowego i docelowego.

Podsystem automatycznego projektowania

Projektowanie automatyczne składa się z dwóch podstawowych etapów:

- rozmieszczania elementów konstrukcyjnych,
- trasowania połączeń metalizowanych.

Rozmieszczanie stanowi jeden z kluczowych etapów projektowania. Prawidłowo wykonany projekt rozmieszczenia zapewnia:

- równomierne rozłożenie ścieżek na całej powierzchni płytki montażowej,
- minimalizację długości połączeń z uwzględnieniem dodatkowych wymagań i ograniczeń technologicznych oraz konstrukcyjnych /np.: obszary zabronione, narzucone położenie wybranych elementów itp. /.

Projekty ścieżek metalizacji realizowane są na dwóch warstwach za pośrednictwem szybkiego algorytmu typu promieniowego. Segmenty ścieżek metalizacji prowadzi się jedynie w dwóch kierunkach: poziomym i pionowym /uprzywilejowanym na drugiej warstwie/. Po zakończeniu trasowania wyspecjalizowane procedury usuwają zbędne przejścia międzywarstwowe.

Projektowanie interakcyjne

Projektowanie w trybie interakcyjnym odbywa się za pośrednictwem grafoskopu z piórem

świetlnym oraz klawiatury alfanumerycznej i funkcyjnej. Informacje i decyzje projektowe przekazywane są do systemu za pomocą:

- pióra świetlnego - wskazywanie elementów, połączeń, ścieżek tzn. obiektów, które podlegają wybranej operacji,
- klawiatury funkcyjnej - zmiany trybu pracy, wybór funkcji,
- klawiatury alfanumerycznej - wprowadzanie tekstów i/lub danych liczbowych /np.: symbole elementów Y/.

Zestaw operacji dzieli się na następujące podstawowe grupy:

- operacje organizacyjne:
 - przesunięcie kadru obrazu /o połowę szerokości lub wysokości kadru, w pionie lub poziomie/,
 - zmiana powiększenia obrazu /do 4 razy/,
 - selekcja informacji do wyświetlenia na ekranie /elementy, połączenia, ścieżki/,
 - wybór rodzaju linii i/lub jej intensywności dla zobrazowania wskazanych elementów projektu /4 rodzaje linii, 8 poziomów intensywności/,
 - archiwizacja aktualnego stanu projektu,
 - odtwarzanie projektu z archiwum,
- operacje na elementach:
 - przesunięcie elementu za pośrednictwem pióra świetlnego,
 - obrót elementu,
 - usunięcie elementu z projektu,
 - dołączenie nowego elementu do projektu.
- operacje na połączeniach:
 - usunięcie połączenia z projektu,
 - wprowadzenie nowego połączenia do projektu.
- operacje na ścieżkach metalizacji:
 - kreślenie ścieżki za pośrednictwem pióra świetlnego,
 - usuwanie ścieżki,
 - przesuwanie segmentu ścieżki,
 - podział segmentu ścieżki,
 - pomiar odległości między segmentami ścieżek.

W celu zabezpieczenia projektu system dokonuje automatycznie, w zadanych odstępach czasu, archiwizacji jego aktualnego stanu. W przypadku awarii sprzętu lub konieczności zmiany koncepcji projektowania możliwy jest powrót do poprzednich wersji lub stanów projektu.

Generator dokumentacji projektowej

Generator dokumentacji składa się z:

- generatora raportów,
 - generatora dokumentacji rysunkowej.
- Generator raportów wytwarza dokumentację typu zestawienie, np.: listy elementów, listy połączeń, wykazy elementów katalogowych itp.
- Generator dokumentacji rysunkowej wykreśla:
- schematy logiczne,
 - rysunki rozmieszczania elementów na płytce montażowej,
 - rysunki ścieżek metalizacji.

Formaty dokumentacji rysunkowej, zestawy symboli graficznych itp. mogą być indywidual-

nie programowane i dostosowywane do dowolnych standardów i norm. Dokumentacja rysunkowa może być archiwizowana na nośnikach magnetycznych. W aktualnie eksploatowanej wersji generator dokumentacji rysunkowej wykorzystuje dwa typy urządzeń kreślących: CALCOMP i DIGIGRAF.

Generator danych sterujących dla urządzeń technologicznych

Wynikiem projektowania obwodu drukowanego jest taśma sterująca dla urządzeń technologicznych /fotokoordynatografu i wiertarki sterowanej numerycznie/ generowana w sposób automatyczny, na podstawie informacji projektowych zgromadzonych w bazie danych. W aktualnie eksploatowanej wersji systemu projektowania przewidziano wykorzystanie urządzeń technologicznych wchodzących w skład systemu QUEST, tzn.: fotokoordynatograf - EMMA, wiertarka - EXCELLON.

Ograniczenia systemowe

W wersji standardowej system PROGRAF umożliwia projektowanie obwodów drukowanych o złożoności nie przekraczającej:
300 układów scalonych /DIL.14/ lub ich równoważników.
1000 sieci

Maksymalne rozmiary płytki montażowej 512x512 jednostek
tzn. gdy jednostka = 1/20 inch = 25,6 x 25,6 inch.

Oszacowanie czasu projektowania

Charakterystyka problemu projektowego:

Liczba elementów - 165
w tym: układy scalone /DIL.14, DIL.16/ - 65
złącza - 4
elementy dyskretne /oporniki, kondensatory/ - 96

Tabela 2

Podstawowe własności projektowania automatycznego w systemie PROGRAF

Typ czynności projektowej	Ważniejsze funkcje/opcje	Ograniczenia	Uwagi
Rozmieszczanie automatyczne	<ul style="list-style-type: none"> - analiza trasowalności połączeń - analiza lokalnych zagęszczeń - minimalizacja długości połączeń - obszary zabronione na płytce montażowej - obszary preferowane dla wskazanych elementów konstrukcyjnych - uprzywilejowanie sieci silnie rozgałęzionych 	Zgodnie z ogólnymi ograniczeniami systemowymi	Proces rozmieszczania może być wykonywany etapowo
Automatyczne trasowanie połączeń	<ul style="list-style-type: none"> - ograniczenie obszaru trasowania - ograniczenie maksymalnej liczby segmentów ścieżek - wyłączenie z trasowania wskazanych sieci /np.: masa, zasilanie/ - trasowanie z uwzględnieniem istniejących segmentów ścieżek wykonanych ręcznie - usuwanie zbędnych przebiegów międzywarstwowych 	<ul style="list-style-type: none"> - liczba warstw: 2 - sieci M. poziome i pionowe - zróżnicowanie szerokości ścieżki; programowane, do 8 typów - maksymalne rozmiary płytki: 512x512 jednostek przy rastrze podstawowym 1/20 inch 	Proces trasowania może być przerwany na dowolnym etapie, z zachowaniem aktualnego stanu, a następnie kontynuowany bez straty informacji
Generator dokumentacji	<ul style="list-style-type: none"> - zestawienie elementów w katalogach archiwach w bazie danych projektowych - zestawienie elementów konstrukcyjnych - listy połączeń - dokumentacja rysunkowa: rozmieszczenie elementów, ścieżki metalizacji z rozbitciem na warstwy - schematy 	Ograniczenia wynikające z własności systemu: CALCOMP - rysunek jednokolorowy DIGIGRAF - rysunek czterokolorowy	Postać dokumentacji może być dostosowywana do wymagań użytkowych

Liczba sieci - 302
 Wymiary płytki - 277x160 mm

Podział czasu projektowania

1. Przygotowanie/weryfikacja problemu projektowego - 25%

2. Projektowanie automatyczne - 30%
 3. Projektowanie interakcyjne - 20%
 4. Wykonanie dokumentacji - 20%
 5. Wykonanie taśm sterujących dla urządzeń technologicznych - 5%

Przygotowanie/weryfikacja opisu projektowego

Czynność	Czas projektu	Czas m. c.	Uwagi
Przygotowanie opisu problemu projektowego. Na podstawie schematu/szkicu oraz wymagań konstrukcyjnych i technologicznych	5 h	-	Baza danych projektowych gotowa: - opis schematu - opis danych konstrukcyjnych
Przygotowanie danych wejściowych dla systemu PROGRAF	3 h	3 h	Kodowanie danych wejściowych
Przetwarzanie opisu problemu projektowego /weryfikacja/		2 h	Wprowadzanie opisu problemu projektowego do bazy danych
Sprawdzenie poprawności opisu na podstawie raportu generowanego przez system	3 h		Sprawdzanie zgodności opisu wprowadzonego do bazy danych ze schematem
Korekty opisu danych wejściowych	1 h	1 h	
	12 h	6 h	

Projektowanie automatyczne

Rozmieszczenie automatyczne + korekty	2 h	6 h	
Trasowanie automatyczne	-	2 h	95% wytrasowanych połączeń
	2 h	8 h	

Projektowanie interakcyjne

Korekty/modyfikacje w trybie interakcyjnym	4 h	4 h	Korekty, modyfikacje i uzupełnienia projektu wykonanego w sposób automatyczny
	4 h	4 h	

Wykonanie dokumentacji

Wykonanie dokumentacji	4 h	4 h	Dokumentacja rysunkowa /CAL.COMP, DIGIGRAF oraz raport/
	4 h	4 h	

Generacja taśm sterujących dla urządzeń technologicznych

Generacja taśm sterujących dla urządzeń technologicznych	-	1,5 h	
		1,5 h	
Czas całkowity			
	22 h	25 h	

WIELOSTANOWISKOWY MIKROPROCESOROWY SYSTEM WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA MSWP-M

Wielostanowiskowy Mikroprocesorowy System Wspomagania Projektowania /MSWP/ opracowany w Instytucie Maszyn Matematycznych jest wielofunkcyjnym narzędziem wspomagania prac projektowo-konstrukcyjnych, przeznaczonym do opracowywania, uruchamiania i badania zarówno sprzętu jak i oprogramowania urządzeń mikroprocesorowych. MSWP-M jest modułowym dwuprocesorowym systemem wspomagania dysponującym bogatym zestawem sprzętowych i programowych środków wspomagania projektowania i uruchamiania urządzeń mikroprocesorowych, realizowanych na układach serii Intel 8080 i Intel 3000 oraz ich odpowiedników np. układów serii K580 i K589 /produkcji ZSRR/. Prowadzone są prace nad rozszerzeniem zastosowań systemu dla innych serii mikroprocesorowych.

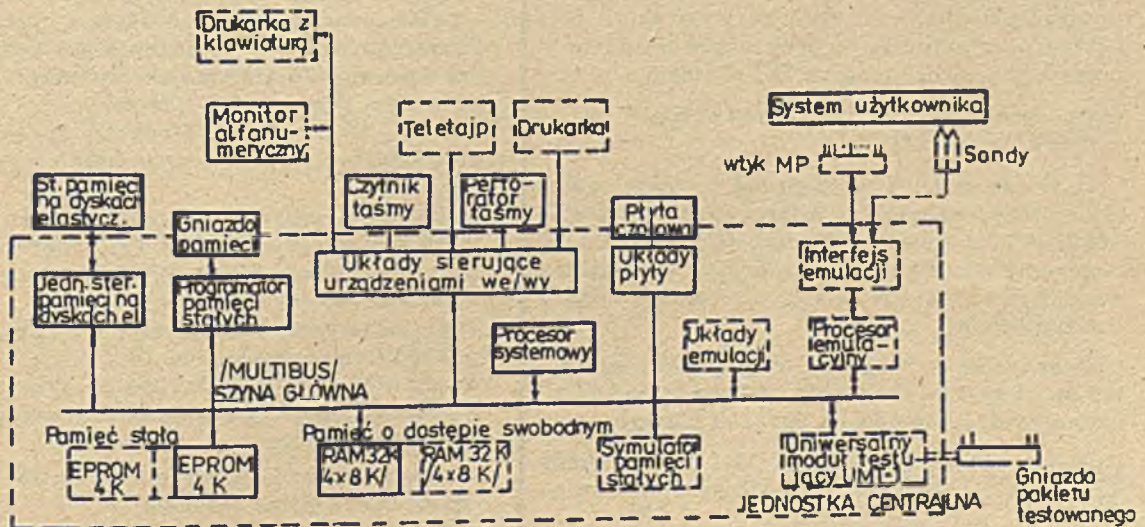
Strukturę blokową środków technicznych systemu MSWP-M w wersji jednodostępnej przedstawiono na rys. 1. Podstawowe bloki funkcjonalne MSWP-M umieszczone są w jednostce centralnej, do której dołączono systemowe urządzenia wejścia/wyjścia, pamięć masową na dyskach elastycznych i uruchamiany system użytkownika. Na płycie czołowej jednostki centralnej umieszczone są podstawowe elementy sterowania i sygnalizacji, przyciski przerwań i wymienne gniazdo programatora programowalnych pamięci stałych i układów FPLA.

Użytkownik systemu, w zależności od potrzeb i posiadanych środków, może kompletować MSWP w różnych konfiguracjach. Pozwala na to struktura bloków funkcjonalnych jednostki

centralnej, magistrala systemowa typu MULTI-BUS oraz rozwiązywanie układów wejścia/wyjścia, zapewniającego możliwość stosowania różnych urządzeń zewnętrznych.

Zestaw podstawowy zaznaczony na rys. 1 linią ciągłą zawiera jednostkę centralną wyposażoną w blok procesora systemowego /Intel 8080/, jednostki sterujące systemowymi urządzeniami wejścia/wyjścia, pamięć operacyjną typu RAM o pojemności 4 KB, układy sterowania i sygnalizacji płyty czołowej, jednostkę sterującą pamięcią na dyskach elastycznych. Do jednostki centralnej dołączony jest monitor alfanumeryczny z klawiaturą, czytnik i perforator taśmy oraz stacja pamięci na dyskach elastycznych o pojemności ok. 500 KB. MSWP w pełnej jednodostępnej konfiguracji wyposażony jest w pamięć RAM o pojemności 60 KB, pamięć ROM o pojemności 4 KB, pamięć masową na dyskach elastycznych o pojemności ok. 1 MB i moduły specjalizowane /opcjonalne/: symulator pamięci stałych o pojemności 512 słów 64-bitowych, wkładki programatora pamięci EPROM typu Intel 1702A, 2704, 2708, 2716, 2732 oraz PROM typu Tungstram TM 601, 621, 602, 622, 604, 624, emulator układowy do uruchamiania sprzętu i oprogramowania urządzeń z mikroprocesorem typu Intel 8080, uniwersalny moduł testujący UMT-1 i lampę kasującą zapis w pamięciach EPROM za pomocą promieni ultrafioletowych.

Standardową konsolę operatorską systemu MSWP stanowi monitor alfanumeryczny MERA



Rys. 1

7953N z klawiaturą MERA 7948. Zamiennie może być zastosowana drukarka z klawiaturą typu DZM 180 KSR, inny monitor alfanumeryczny lub drukarka z interfejsem V24. Do pracy z taśmami perforowanymi przewidziano stosowanie czytnika taśmy perforowanej typu CT 2100 oraz perforatora taśmy typu DT 1058. Przewidziana jest możliwość dołączania drukarki DZM 180 /z interfejsem równoległym/, szczególnie przydatnej do wyprowadzania listin-gów.

Od 1986 r. oferowana będzie nowa wielodostępna, wieloprogramowa wersja systemu MSWP-M. W systemie MSWP-M zastosowane zostały zmodyfikowane i nowe moduły funkcjonalne:

- nowy typ pamięci operacyjnej o pojemności 256 KB, z możliwością rozszerzenia do 512 KB,
- układ sterowania wielodostępem zawierający zegar czasu rzeczywistego,
- dodatkowe układy interfejsów umożliwiające dołączanie terminali /standardowo 4 z możliwością rozszerzenia do 8/.

W opracowaniu znajdują się emulatory układowe mikroprocesorów typu Intel 8048/35 i 8086, programator układów FPLA typu 82S100, odpowiedników radzieckich K556Pt1 i programatory innych pamięci stałych. Oprogramowanie systemowe MSWP przeznaczone jest przede wszystkim do automatyzacji podstawowych prac projektowych, uruchomieniowych i testowych, realizowanych przy opracowywaniu nowych urządzeń mikroprocesorowych. Oprogramowanie to, w zależności od nośnika na którym jest przechowywane, dzieli się na trzy grupy:

1. Programy przechowywane w pamięci stałej systemu i wchodzące w skład oprogramowania firmowego.
2. Programy na taśmach perforowanych.
3. Programy na dyskach elastycznych.

Do programów grupy pierwszej należą następujące programy:

monitor - podstawowy system operacyjny zawierający m. in. program inicjalizacji systemu, programy obsługi urządzeń we/wy oraz 11 dyrektyw do uruchamiania programów w kodzie binarnym mikroprocesora INTEL 8080,

dysk - program sterujący pracą pamięci na dyskach elastycznych.

W grupie drugiej znajdują się edytory, translatory makroasemblera mikroprocesora INTEL 8080, interpretator języka BASIC i MINI BASIC, programy sterujące pracą modułów specjalizowanych oraz testy jednostki centralnej i urządzeń systemu.

Grupa trzecia obejmuje trzy dyskowe systemy operacyjne i programy działające pod nadzorem tych systemów na dyskach elastycznych:

Dyskowy system operacyjny OS-I /odpowiednik systemu CP/M firmy Digital Research/ zawierający m. in.:

- kontekstowy edytor tekstów,
- translator asemblera typu INTEL 8080,

- program obsługi urządzeń,
- debugger,
- program zmieniający format zbioru,
- program statusowo-statystyczny,
- program wyprowadzający zawartość zbioru dyskowego,
- program interpretujący makrodyrektywy systemowe,
- relokowalny translator makroasemblera mikroprocesora INTEL 8080,
- symboliczny debugger,
- program formatujący tekst wg reguł edytorskich,
- interpretatory i kompilatory języka BASIC,
- interpretatory języków FORTH, PASCAL, C, FORTRAN,
- programy sterujące pracą modułów specjalizowanych,
- testy i różnorodne programy typu "utility".

Dyskowy system operacyjny OS-II /odpowiednik systemu ISIS-II firmy INTEL/ zawierający programy:

- formatowania dyskietek,
- interpretacji makrodyrektyw systemowych,
- wyświetlania zawartości katalogu,
- kopiowania zbiorów,
- usuwania zbiorów,
- zmiany atrybutów zbiorów,
- zmiany formatów zbiorów,
- zarządzania bibliotekami,
- przekształcania relokowalnych zbiorów wynikowych na zbiory wynikowe o adresach absolutnych,
- łączenie modułów wynikowych,
- edytor tekstów,
- translator makroasemblera relokowalnego typu INTEL 8080/85,
- kompilator języka PL/M,
- kompilator języka FORTRAN,
- bibliotekę arytmetyki zmiennoprzecinkowej.

Dyskowy system operacyjny OS-I/M zarządza pracą wielodostępnej konfiguracji systemu wspomagania oznaczonej symbolem MSWP-M i charakteryzuje się następującymi cechami:

- pełną funkcjonalną zgodnością z systemem operacyjnym OS-I, co pozwala bez konieczności wprowadzania zmian eksploatować pod nadzorem systemu OS-I/M programy systemu OS-I niezależne od struktury sprzętu i nie korzystające z nośnika na taśmie perforowanej,

- wieloprogramowością umożliwiającą równoległą realizację kilku /5 - 10/ programów, co znacznie podnosi efektywność systemu dla zastosowań konwersacyjnych,
- wielodostępem umożliwiającym równoległą pracę kilku użytkowników /4 - 8/, z których każdy może realizować kilka programów,
- mechanizmami sterowania procesami w czasie rzeczywistym,
- rozszerzonymi, w porównaniu z OS-I, funkcjami zarządzania zbiorami.

Projektant systemu mikroprocesorowego może korzystać z narzędzi systemu MSWP,

zarówno przy niezależnym opracowywaniu sprzętu i oprogramowania, jak i przy łącznym uruchamianiu sprzętu wraz z oprogramowaniem. Opracowując programy użytkowe projektant może posługiwać się, na każdym etapie prac, środkami wspomagania MSWP i MSWP-M a w szczególności:

- realizować edycję programów źródłowych,
- translować programy z postaci źródłowej na postać wynikową /binarną/,
- uruchamiać i sprawdzać programy wynikowe,
- poprawiać i symulować mikroprogramy,
- tworzyć języki ukierunkowane problemowo oparte na języku assemblera z wykorzystaniem techniki makroinstrukcji,
- emulować listy rozkazów mikroprocesorów innych niż INTEL 8080 techniką makroinstrukcji,
- tworzyć i rozwijać własne oprogramowanie systemowe /operacyjne i testujące/,

Wprowadzanie, poprawianie i wyprowadzanie programów w postaci źródłowej wykonuje się za pomocą najwygodniejszej z kilku dostępnych wersji edytora. Postać wynikowa programów użytkowych uzyskiwana jest w rezultacie działania programów translujących, przy czym użytkownik MSWP ma do wyboru kilka programów asembliujących oraz translatory języków wyższego rzędu. Do uruchamiania programów wynikowych można wykorzystywać dyrektywy MONITORA, a w przypadku gdy system wyposażony jest w pamięć dyskową znacznie efektywniejsze są symboliczne programy uruchomieniowe /debuggery/ dostępne we wszystkich systemach operacyjnych MSWP.

Uruchamianie sprzętu realizowanego na układach mikroprocesorowych, ze stałą listą rozkazów łącznie z oprogramowaniem, przebiega najbardziej efektywnie przy wykorzystaniu emulatora układowego sterowanego programem EMULATOR. Dyrektywy EMULATORA pozwalają uruchamiać i testować programy użytkow-

nika za pomocą procesora emulacyjnego /identycznego z procesorem użytkownika/ i układów emulacji układowej, początkowo nawet bez dołączonych układów użytkownika. Programy użytkowe po ich uruchomieniu mogą być wpisane do pamięci stałych systemu użytkownika za pomocą odpowiednich wkładek programatora, a następnie badane dalej łącznie ze sprzętem użytkownika. Przy uruchamianiu systemów z mikroprocesorami mikroprogramowanymi serii Intel 3000 i jej odpowiedników, przede wszystkim, sprawdzana jest poprawność przygotowanych mikroprogramów za pomocą symulatora pamięci stałych /ROM/. Użytkownik korzysta w tym przypadku z programu obsługi symulatora SYMROM, za pomocą którego może wczytywać i wyprowadzać mikroprogramy w standardzie języka CROMIS oraz zmieniać zawartość symulowanej pamięci ROM.

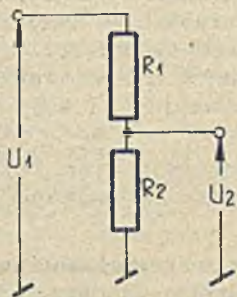
Dołączenie do MSWP modułu testera UMI-1 czyni z niego programowany tester płytek drukowanych i pakietów z układami cyfrowymi o dużej użyteczności dla małoseryjnych producentów sprzętu cyfrowego. MSWP może być kompletowany w zróżnicowanych konfiguracjach, przeznaczonych nie tylko do celów wspomagania projektowania i uruchamiania urządzeń mikroprocesorowych. Niżej podajemy przykładowo niektóre zastosowania systemu:

- sterowanie i przetwarzanie informacji w systemach kontrolno-pomiarowych,
- zbieranie i przetwarzanie danych w systemach handlowych, bibliotecznych, medycznych, itp.,
- tworzenie i wykorzystanie systemów konwersacyjnych, np. testy psychologiczne, systemy edukacyjne w szkolnictwie,
- tworzenie laboratoriów dydaktycznych np. do nauki projektowania sprzętu i oprogramowania urządzeń mikroprocesorowych, programowania w językach wyższego rzędu, itp.



DOBIERANIE ELEMENTÓW DO PRECYZYJNYCH UKŁADÓW REZYSTOROWYCH

Jedną z podstawowych zasad metrologii jest zasada stwierdzająca, że stosunek różnych wartości tego samego parametru można rozpatrywać jako wielkość bezwymiarową i mierzyć ją bez nawiązywania do zewnętrznych wzorców. Zasadę tę można przedstawić na przykładzie budowy precyzyjnego dzielnika napięcia bez konieczności wykonywania precyzyjnych pomiarów rezystancji lub napięcia /1/. O dokładności dzielnika rezystorowego napięcia decyduje wyłącznie stosunek rezystancji poszczególnych elementów składowych, np. podział napięcia /p/ w najprostszym dzielniku rezystorowym wyraża się stosunkiem:



Rys. 1. Prosty dzielnik rezystorowy

$$p = \frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad /1/$$

Jeśli wartości rezystorów R_1 i R_2 wyznacza się w oparciu o bezpośrednie pomiary, to wówczas wartości te obarczone są pewnymi błędami wynikającymi z dokładności pomiarów np.

ΔR_1 i ΔR_2 . W przypadku, gdy założony podział dzielnika wynosi np. $\frac{1}{5}$ wówczas względny błąd podziału równa się:

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{1}{5}}{\frac{1}{5}} \quad /2/$$

Po wprowadzeniu oznaczeń:

$$R_1 = R'_1 + \Delta R_1$$

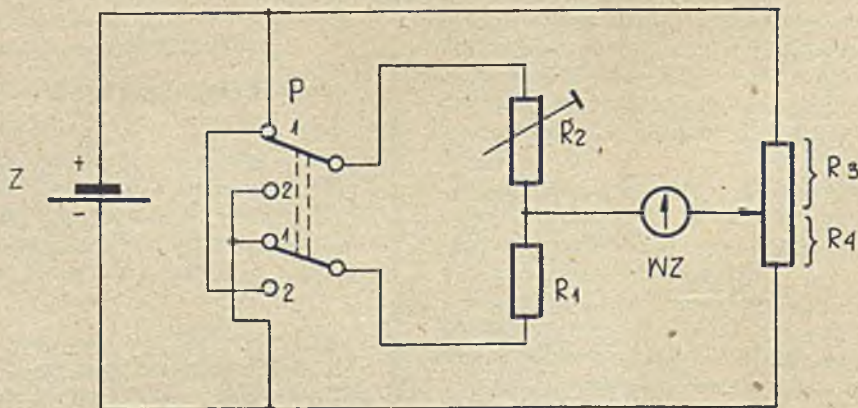
$$R_2 = R'_2 + \Delta R_2$$

$R_1 = 4R'_2$, a ponadto przy założeniu, że $R'_1 + R'_2 \gg \Delta R_1 + \Delta R_2$ otrzymuje się ostatecznie:

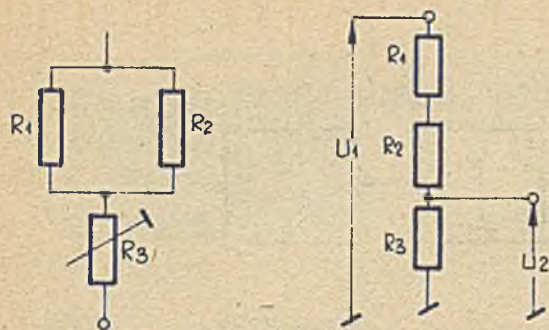
$$\frac{\Delta p}{p} \approx \left| \frac{4}{5} \frac{\Delta R_1}{R'_1} \right| + \left| \frac{4}{5} \frac{\Delta R_2}{R'_2} \right| /3/$$

Oznacza to, że w przypadku budowy dzielnika w oparciu o rezystory dobrane z dokładnością względną $\frac{\Delta R_1}{R'_1}$ i $\frac{\Delta R_2}{R'_2}$ uzysku-

je się względną dokładność podziału dzielnika w przybliżeniu równą sumie błędów względnych rezystorów użytych do jego budowy. Rezystory używane do budowy dzielnika o tym samym podziale /1:5/ dobrać można przy pomocy układu przedstawionego na rys. 2. Układ pokazany na rys. 2 zawiera źródło napięcia Z, przełącznik krzyżowy P, wskaźnik zera WZ, potencjometr o dużej rozdzielczości /nieskalowany/, i umożliwia doregulowanie wartości rezystora R_2 do wartości bardzo bliskiej wartości rezystora R_1 . Sposób postępowania jest następujący:



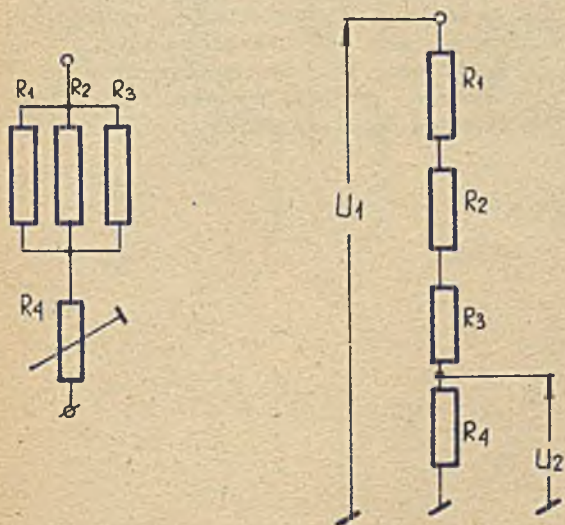
Rys. 2. Schemat układu przeznaczony do wyrównywania rezystancji dwóch rezystorów



Rys. 3. Dzielnik rezystorowy o podziale 1 : 5

- potencjometr R_3/R_4 ustawia się w położenie zbliżone do środkowego,
- korygowany rezystor R_2 doregulowuje się do wartości, przy której wskaźnik równowagi W wskazuje tę samą wartość w obu położeniach przełącznika P ,
- potencjometr R_3/R_4 ustawia się w położeniu, przy którym wskaźnik równowagi W ustali się w położeniu równym 0,
- zwiększa się czułość wskaźnika równowagi W i powtarza czynności wymienione w punktach /b/ i /c/ aż do uzyskania zerowego odchylenia wskaźnika równowagi przy jego maksymalnej czułości i w obu położeniach przełącznika krzyżowego P .

Korzystając z ogólnie dostępnych przyrządów można obecnie bez większego trudu uzyskać dokładność porównania rzędu 10^{-5} . Jeśli w układzie przedstawionym na rys. 2 w miejsce rezystora R_1 wstawi się uprzednio dobrane rezystory R_1 i R_2 , połączone równolegle /rys. 3 a/ to można dobrać wartość rezystora R_3 w ten sposób, aby jego wartość była równa wartości równolegle połączonych rezystorów R_1 i R_2 . Po połączeniu rezystorów R_1 , R_2 i R_3 w szereg /rys. 3 b/ powstaje dzielnik



Rys. 4. Rezystorowy dzielnik o podziale 1 : 10

napięcia o podziale /1:5/. Błąd względny podziału tego dzielnika można zapisać w formie następującej zależności:

$$\delta p = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \approx \frac{1}{5} \quad /4/$$

Z zasady budowy tego dzielnika wynika, że

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

natomiast wartości R_1 i R_2 można zapisać jako:

$$R_1 = R \quad /5/$$

$$R_2 = R + \Delta R \quad /6/$$

gdzie:

R oznacza wartość znamionową rezystora R_1 , ΔR oznacza różnicę między wartościami R_1 i R_2 wynikającą ze skończonej rozdzielczości układu porównania.

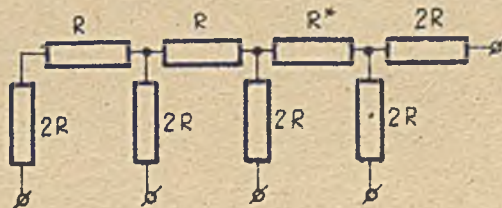
Po wstawieniu zależności /5/ i /6/ do /4/ i po uwzględnieniu, że $R^2 \gg \Delta R^2$

$$\delta p \approx \left/ \frac{\Delta R}{R} \right/ ^2 \quad /7/$$

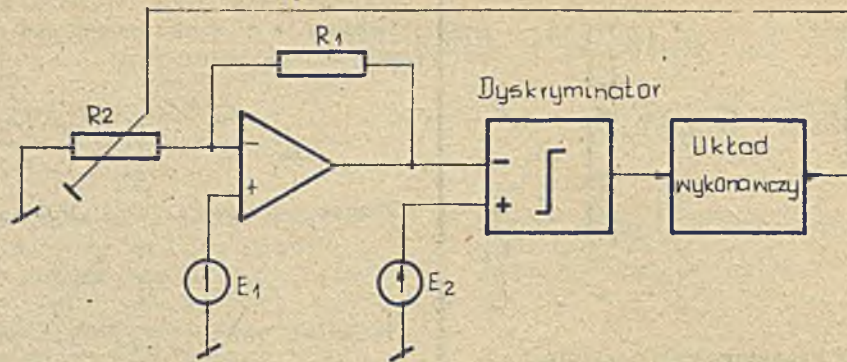
W praktyce $\left/ \frac{\Delta R}{R} \right/$ jest zawsze mniejsze od 1, a zatem przy budowie dzielnika według opisanej metody błąd podziału równy jest kwadratowi niedokładności porównania rezystorów. Jeśli wartości początkowe rezystorów różnią się między sobą np. o 1×10^{-4} , to w rezultacie dokładność podziału napięcia będzie rzędu 1×10^{-8} . Według tej zasady można realizować dzielniki o różnym podziale; na rys. 4 przedstawiono zasadę powstawiania dzielnika o podziale 1:10.

Innym praktycznym zastosowaniem rozpatrywanej metody jest wykonywanie tzw. drabinek oporowych stosowanych w przetwornikach cyfrowo-analogowych. W układach tych ważne jest zachowanie z dużą dokładnością stosunku rezystorów $\left/ \frac{2R}{R} \right/ = 2$ tworzących drabinkę.

Warunek ten można również spełnić przy wykorzystaniu układu przedstawionego na rys. 2. Układ ten pozwala dobrać wartości powtarzające się jak również wartości będących we wzajemnym stosunku równym 1:2. Błąd względny stosunku $\left/ \frac{2R}{R} \right/$ można zapisać jako:



Rys. 5. Układ rezystorowy stosowany w przetwornikach cyfrowo-analogowych



Rys. 6. Schemat układu do półautomatycznego dobierania rezystorów

$$\delta_k = \frac{\frac{2R}{R} - 2}{2} \quad /8/$$

Po wykonaniu uproszczeń algebraicznych i przyjęciu oznaczeń stosowanych wcześniej uzyskuje się zależność określającą błąd wyznaczenia stosunku rezystancji opisaną metodą:

$$\delta_k \approx \frac{1}{2} \left| \frac{\Delta R}{R} \right| \quad /9/$$

Błąd dobrania stosunku $\frac{2R}{R}$ jest więc równy połowie różnicy między R i równolegle połączonymi $2R$, wynikającej ze skończonej rozdzielczości układu porównania. Dalsze elementy "drabinki" można dobrać tą samą metodą, przechodząc stopniowo do coraz dalszych ogniw i przyjmując jako bazę do porównania elementy dobrane wcześniej. W praktyce uzyskanie rozdzielczości porównania rzędu 1×10^{-5} jest stosunkowo proste, natomiast wykonywanie pomiarów z nawiązaniem do wzorców możliwe jest do wykonania z porównywalną dokładnością w wyspecjalizowanych laboratoriach.

W warunkach produkcyjnych opisana metoda jest mało przydatna. Praktyczny układ przeznaczony do porównywania rezystorów wyko-

nywanych techniką cienkowarstwowego naparowywania w próżni przedstawiono na rys. 6. W układzie tym do reguluje się wartość rezystora R_2 do wartości równej R_1 , przy czym układ ten przystosowany jest do automatycznego przerywania procesu korekcji po uzyskaniu zadanego stosunku. Ten sposób dobierania wymaga jednak, by w stanie wyjściowym rezystor R_2 miał wartość mniejszą od wymaganej, ponieważ korekcja odbywa się przez usuwanie części warstwy oporowej lub jej odcinanie, co pozwala jedynie na zwiększanie rezystancji. W metodzie tej uzyskano rozdzielczość rzędu 1×10^{-4} przy korekcji rezystorów o wartościach od 10 omów do 10 kiloomów.

L i t e r a t u r a :

- [1] L. Eceleston, N. Faulkner, C. Johnston, W. Prue, M. Thiemann: Calibrator brings record accuracy even to production and repair-Electronics, September 8, 1982, Vol. 55, nr 18.
- [2] M. Nadachowski, Z. Kulka: Analogowe układy scalone. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, str. 587, Warszawa 1979.
- [3] A. Libura, M. Nadachowski: Przetworniki analogowo-cyfrowe. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1973.





CENTRUM NAUKOWO-PRODUKCYJNE
SYSTEMÓW STEROWANIA

40-153 KATOWICE, ul. Armii Czerwonej 160

MERASTER **-EKSPORTER SYSTEMÓW** **MIKROKOMPUTEROWYCH**



← EKSPORT SYSTEMÓW DO
KRAJÓW SOCJALISTYCZNYCH
W LATACH 1981-1984

ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW

- STANOWISKA AUTOMATYZACJI BADAŃ I EKSPERYMENTÓW NAUKOWYCH
- WIELOFUNKCYJNE STANOWISKA DLA OBSŁUGI PROCESU DYDAKTYCZNEGO
- STANOWISKA ZBIERANIA I PRZEKAZYWANIA DANYCH DLA PRACY AUTOMATYCZNEJ I W SYSTEMACH TELEPRZETWARZANIA
- SIECI KOMPUTEROWE

MERASTER OFERUJE:

- UŻYTKOWE SYSTEMY OPROGRAMOWANIA
- OPROGRAMOWANIE SYSTEMOWE
- USŁUGI SOFTWARE'OWE
- SERWIS

TEL. 587-206 597-086
TELEKS. 031 5958
mest pl

158 zł

