

POLSKA AKADEMIA NAUK

Prezydium Komitetu Organizacyjnego
II Kongresu Nauki Polskiej

Włodzimierz Trzebiatowski · Przewodniczący
Jan Kaczmarek · Wiceprzewodniczący
Jerzy Bukowski, Janusz Grószkowski,
Romuald Jezierski, Witold Nowacki,
Kazimierz Secomski, Dionizy Smoleński
Edward Hałoń · Sekretarz

II Kongres Nauki Polskiej

MATERIAŁY I DOKUMENTY

(Warszawa, 26 – 29 czerwca 1973 r.)

WROCLAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK
ZAKŁAD NARODOWY IM. OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

POLSKA AKADEMIA NAUK

II Kongres Nauki Polskiej

MATERIAŁY I DOKUMENTY

TOM II

Obrady w sekcjach i zespołach
problemowych

27 i 28 czerwca 1973 r.

CZĘŚĆ 2

Nauki ścisłe i techniczne



WARSZAWA 1974

SPIS TREŚCI

| | str. |
|--|------|
| Czesław Olech: Referat syntetyczny Sekcji Nauk Matematycznych | 5 |
| Zbigniew Ciesielski: Stan i perspektywy rozwojowe matematyki | 24 |
| Adam Rybarski: Stan i perspektywy rozwojowe zastosowań matematyki | 42 |
| Obrady Sekcji I – Nauk Matematycznych. Dyskusja i wnioski | 53 |
| Jerzy Kołodziejczak: Referat syntetyczny Sekcji Nauk Fizycznych | 59 |
| Andrzej Hryniewicz i Adam Strzałkowski: Stan i perspektywy rozwojowe fizyki jądra atomowego, cząstek elementarnych i pól | 79 |
| Wiesław Wardziński: Stan i perspektywy rozwojowe fizyki ciała stałego | 94 |
| Arkadiusz Piekara: Stan i perspektywy rozwojowe fizyki atomowej i molekularnej | 106 |
| Bohdan Karczewski: Stan i perspektywy rozwojowe fizyki stosowanej | 119 |
| Bohdan Paczyński: Stan i perspektywy rozwojowe astrofizyki, astronomii i przestrzeni kosmicznej | 127 |
| Obrady Sekcji II – Nauk Fizycznych. Dyskusja i wnioski | 139 |
| Włodzimierz Kołos: Referat syntetyczny Sekcji Nauk Chemicznych | 147 |
| Jerzy Haber i Zdzisław Zembura: Stan i perspektywy rozwojowe fizykochemii faz skondensowanych i procesów chemicznych | 167 |
| Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska i Henryk Ratajczak: Stan i perspektywy rozwojowe chemii molekularnej i strukturalnej | 189 |
| Antoni Swinarski: Stan i perspektywy rozwojowe chemii nieorganicznej, podstawowej i stosowanej | 213 |
| Jerzy Wróbel: Stan i perspektywy rozwojowe chemii organicznej oraz syntezy związków organicznych i bioorganicznych | 241 |
| Stanisław Wajda: Stan i perspektywy rozwojowe chemii radiacyjnej i jądrowej | 256 |
| Stan i perspektywy rozwojowe chemii analitycznej | 281 |
| Janusz Ciborowski: Stan i perspektywy rozwojowe inżynierii chemicznej | 304 |
| Stanisław Teodor Jaźwiński: Stan i perspektywy rozwojowe inżynierii materiałowej | 324 |
| Jerzy Kapko i Andrzej Orszagh: Stan i perspektywy rozwojowe nauki o polimerach | 347 |
| Obrady Sekcji III – Nauk Chemicznych. Dyskusja i wnioski | 361 |
| Jerzy Kondracki: Referat syntetyczny Sekcji Nauk o Ziemi i Górnictwa | 375 |
| Marian Książkiewicz, Andrzej Ślaczka, Jerzy Znosko: Stan i perspektywy rozwojowe nauk geologicznych | 397 |
| Zbigniew Fajkiewicz: Stan i perspektywy rozwojowe geofizyki | 423 |
| Jan Różycki: Stan i perspektywy rozwojowe geodezji | 441 |
| Antoni Kukliński, Zbyszko Chojnicki, Jerzy Grzeszczak, Stefan Kozarski: Stan i perspektywy rozwojowe nauk geograficznych i przestrzennego zagospodarowania kraju | 461 |
| Marek Roman: Stan i perspektywy rozwojowe gospodarki wodnej i ochrony środowiska | 480 |
| Antoni Kidybiński: Stan i perspektywy rozwojowe górnictwa | 502 |

| | |
|--|------|
| Obrady Sekcji IV — Nauk o Ziemi i Górnictwa. Dyskusja i wnioski | 528 |
| Andrzej Straszak: Referat syntetyczny Sekcji Informatyki, Automatyki i Pomiarów . . . | 541 |
| Andrzej Targowski: Stan i perspektywy rozwojowe informatyki | 558 |
| Andrzej Wierzbicki: Stan i perspektywy rozwojowe automatyki | 564 |
| Wojciech Zielenkiewicz: Stan i perspektywy rozwojowe pomiarów | 575 |
| Obrady Sekcji V — Informatyki, Automatyki i Pomiarów. Dyskusja i wnioski | 589 |
| Jan Rychlewski: Referat syntetyczny Sekcji Mechaniki | 595 |
| Władysław Bogusz: Stan i perspektywy rozwojowe mechaniki ciała stałego | 625 |
| Władysław Fiszdon: Stan i perspektywy rozwojowe mechaniki cieczy i gazów | 642 |
| Zbigniew Kączkowski: Stan i perspektywy rozwojowe zastosowań mechaniki | 648 |
| Leszek Filipczyński, Janusz Kacprowski, Halina Ryffert: Stan i perspektywy rozwojo- we akustyki | 672 |
| Obrady Sekcji VI — Mechaniki. Dyskusja i wnioski | 695 |
| Stanisław Bellert: Referat syntetyczny Sekcji Nauk Elektrycznych | 703 |
| Andrzej Filipkowski: Stan i perspektywy rozwojowe elektroniki | 727 |
| Kazimierz Kopecki: Stan i perspektywy rozwojowe energetyki i elektryki energetycznej | 748 |
| Jerzy Rutkowski: Stan i perspektywy rozwojowe elektryki informacyjnej | 765 |
| Roman Kurdziel: Stan i perspektywy rozwojowe materiałoznawstwa i technologii elek- trycznej | 782 |
| Obrady Sekcji VII — Nauk Elektrycznych. Dyskusja i wnioski | 793 |
| Igor Kisiel: Referat syntetyczny Sekcji Nauk Inżynieryjno-Budowlanych | 801 |
| Roman Ciesielski i Władysław Ziobroń: Stan i perspektywy rozwojowe konstrukcji inżynierskich, mostowych i hydrotechnicznych | 817 |
| Antoni Kobylński, Antoni Paprocki, Włodzimierz Skalmowski: Stan i perspektywy rozwojowe materiałów budowlanych | 846 |
| Stanisław Lenczewski-Samotyja i Wojciech Suchorzewski: Stan i perspektywy rozwojowe dróg, kolei i mostów | 871 |
| Eugeniusz Dembicki: Stan i perspektywy rozwojowe geotechniki | 893 |
| Czesław Grabarczyk: Stan i perspektywy rozwojowe inżynierii sanitarnej | 917 |
| Jan Wątorski, Leon Rowiński, Bolesław Kalabiński: Stan i perspektywy rozwojowe technologii i organizacji budownictwa | 936 |
| Obrady Sekcji VIII — Nauk Inżynieryjno-Budowlanych. Dyskusja i wnioski | 959 |
| Kazimierz Wejchert: Referat syntetyczny Sekcji Architektury i Urbanistyki | 969 |
| Bolesław Szmidt i Witold Cęckiewicz: Stan i perspektywy rozwojowe architektury . . . | 982 |
| Bolesław Malisz, Leszek Dąbrowski, Adam Kotarbiński: Stan i perspektywy rozwo- jowe urbanistyki | 997 |
| Obrady Sekcji IX — Architektury i Urbanistyki. Dyskusja i wnioski | 1013 |
| Jerzy Doerfer: Referat syntetyczny Sekcji Podstaw Budowy Maszyn i Urządzeń | 1020 |
| Władysław Gundlach: Stan i perspektywy rozwojowe maszyn energetycznych | 1044 |
| Ignacy Brach: Stan i perspektywy rozwojowe maszyn roboczych i transportowych . . . | 1059 |
| Jerzy Kołakowski, Zdzisław Marciniak, Feliks Tychowski: Stan i perspektywy rozwo- jowe technologii bezwiorowej | 1067 |
| Janusz Tymowski: Stan i perspektywy rozwojowe obróbki skrawaniem | 1076 |
| Zygmunt Zbichorski i Jan Rosner: Ergonomia w budowie maszyn i urządzeń | 1098 |
| Obrady Sekcji X — Podstaw Budowy Maszyn i Urządzeń. Dyskusja i wnioski | 1110 |
| Władysław Ptak: Referat syntetyczny Sekcji Metalurgii i Metaloznawstwa | 1118 |
| Eugeniusz Mazanek i Zofia Orman: Stan i perspektywy rozwojowe metalurgii | 1141 |
| Wojciech Truszkowski i Stanisław Gorczyca: Stan i perspektywy rozwojowe metalo- znawstwa | 1154 |
| Janusz Szreniewski i Przemysław Wasilewski: Stan i perspektywy rozwojowe odle- wnictwa | 1166 |

| | |
|---|------|
| Obrady Sekcji XI — Metalurgii i Metaloznawstwa. Dyskusja i wnioski | 1185 |
| Wacław Frankowski: Kierunki prac naukowych w dziedzinie atomistyki do 1985 r. | 1192 |
| Stanisław Hueckel, Stanisław Szymborski: Badania morza w Polsce. Stan i perspektywy rozwojowe | 1218 |
| Jan Mitreǵa: Węzłowe problemy unowocześnienia przemysłu i techniki | 1231 |
| Marian Mięśowicz: Nauka a unowocześnienie przemysłu i techniki | 1246 |
| Obrady Zespołu III — Nauka a Unowocześnienie Przemysłu i Techniki. Dyskusja i wnioski | 1269 |
| Dionizy Smoleński: Nauki ścisłe i techniczne na II Kongresie Nauki Polskiej | 1277 |

ANDRZEJ FILIPKOWSKI

STAN I PERSPEKTYWY ROZWOJOWE ELEKTRONIKI

ROZWÓJ ELEKTRONIKI W POLSCE

W początkowym okresie 20-lecia, jakie dzieli nas od I Kongresu Nauki Polskiej, rozwój elektroniki w Polsce nie był uznawany za zagadnienie szczególnie istotne dla gospodarki narodowej i środki materialne na ten cel były wysoce niewystarczające. Uzyskiwane w tym czasie osiągnięcia były rezultatem spontaniczności, ofiarności i inicjatywy zespołów, które pracowały przy bardzo szczupłych środkach i na przestarzałej aparaturze. Działalność ta wskazywała na istnienie potencjału myśli i możliwości kadrowych. Do szczególnych osiągnięć tego okresu zaliczyć należy badania w dziedzinie przyrządów funkcjonalnych (licznik wieloemiterowy), które uznane zostały za przodujące na świecie. Do pionierskich w krajach socjalistycznych należały rezultaty uzyskane przy pracach nad wytwarzaniem kwarcu syntetycznego oraz ferrytów, a zwłaszcza ferrytowych przyrządów mikrofalowych. Jednak brak aparatury technologicznej i środków na wdrożenia spowodował zaprzepaszczenie tych osiągnięć i obecnie również w tych dziedzinach znajdujemy się daleko za światową czołówką.

Inne prace prowadzone w dziedzinie elektroniki były przyczynkowe i brak koordynacji powodował znikomy wpływ nauki na technikę i przemysł. W efekcie takiego stanu rzeczy elektronika stanowi obecnie najbardziej nie doinwestowaną dziedzinę techniki w Polsce. Wartość aparatury na pracownika w dziedzinie prac naukowo-badawczych podstawowych i rozwojowych (B + R) jest 10-krotnie niższa niż w krajach rozwiniętych, liczba elementów czynnych na mieszkańca jest 10-krotnie niższe niż w USA, 3-krotnie niższe niż średnia w Europie, 2-krotnie niższe niż średnia światowa. Zapóźnienie naszej elektroniki w stosunku do krajów średniozaawansowanych szacuje się na 7–10 lat i dystans ten w ostatnich latach nie ulegał zmniejszeniu.

Ostatnie dwa lata przyniosły w kraju zdecydowane, korzystne zmiany w elektronice. W uchwale VI Zjazdu PZPR rozwój elektroniki i maszyn matematycznych jest umieszczony na jednym z pierwszych miejsc wśród dyscyplin nauki i techniki o priorytetowym znaczeniu. Rozwój form organizacyjnych, ulepszenie metod koordynacji, zwiększenie funduszy i zakup licencji stwarza szanse szybkiego i dynamicznego rozwoju elektroniki. Licencje dały wyraźny skok jakościowy i ilościowy w produkcji przemysłu elektronicznego. Należy jednak szczególnie podkreślić konieczność prowadzenia własnych prac naukowo-badawczych i wdrażania ich do realizacji przemysłowej, a zwłaszcza konieczność opanowywania nowych dziedzin nauki. Stworzy to warunki, by polska elektronika nie tylko doganiała stan światowy, lecz by stała się równorzędnym partnerem dającym swój wkład w rozwój tej dyscypliny na świecie.

Większość dziedzin elektroniki wchodzi obecnie w zakres problemów węzłowych i umieszczona jest w planach koordynacyjnych. Placówki naukowe zajmujące się problemami elektroniki prowadzą węzłowe badania w zakresie opracowania i wprowadzenia do produkcji seryjnej nowoczesnych elementów półprzewodnikowych oraz układów mikroelektronicznych opierając się na materiałach odpowiedniej czystości i specjalnych urządzeniach technologicznych i pomiarowych. Prowadzą ponadto następujące badania w zakresie:

- nowych konstrukcji przyrządów półprzewodnikowych, nowych metod pomiarowych i układów scalonych.
- opracowania i uruchomienia produkcji półprzewodnikowych elementów indywidualnych;
- opracowania i uruchomienia produkcji monolitycznych układów scalonych;
- opracowania i uruchomienia produkcji hybrydowych układów scalonych;
- opracowania i uruchomienia produkcji materiałów dla elementów półprzewodnikowych i układów mikroelektronicznych;
- opracowania i uruchomienia produkcji urządzeń technologicznych i aparatury kontrolno-pomiarowej;
- opracowania i uruchomienia produkcji elementów półprzewodnikowych specjalnych;
- opracowania układów oraz określenia zastosowań elementów półprzewodnikowych i układów scalonych.

Kontynuowane są ponadto badania nad opracowaniem konstrukcji i budowy urządzeń laserowych. Obejmują one następujące badania w zakresie:

- generacji, wzmacniania i efektów oddziaływania promieniowania laserowego;
- opracowania nowych konstrukcji laserów dla celów ogólnych oraz laserów o bardzo dużej mocy;
- opracowania specjalnych technologii dla potrzeb elektroniki kwantowej;
- opracowania urządzeń laserowych do celów technologicznych, dla metrologii, dla celów medycznych i biologicznych oraz celów specjalnych;
- opracowania i wykonawstwa elementów, podzespołów i zespołów specjalnych do różnych typów laserów i urządzeń laserowych.

Umieszczenie prawie wszystkich dziedzin elektroniki w problemach węzłowych stwarza możliwość dobrej koordynacji i zapewnienia odpowiednich środków materialnych. Aby nie zaprzepaścić szans, jakie obecnie stworzone zostały dla rozwoju elektroniki, spełnionych musi być szereg warunków, które omówione zostaną w następującej części referatu.

WARUNKI WŁAŚCIWEGO ROZWOJU ELEKTRONIKI W POLSCE

Aby osiągnąć harmonijny i szybki rozwój elektroniki w naszym kraju, musi być spełnionych 5 warunków:

1. Wzrost inwestycji zapewniający wyposażenie elektroniki w nowoczesną aparaturę technologiczną i pomiarową zarówno dla badań, jak i dla produkcji.

Szybkie usunięcie zacofania aparaturowego naszych laboratoriów elektronicznych jest jedną z najbardziej palących spraw. Dzięki zakupom licencji zakłady produkcyjne posiadają obecnie na ogół znacznie lepszą aparaturę niż zaplecze naukowo-badawcze i uczelnie. Prowadzi to częstokroć do paradoksalnej sytuacji, gdy opracowania instytutów naukowych są przestarzałe w stosunku do możliwości technologicznych przemysłu. Należy sobie wyraźnie zdać sprawę z faktu, że nie uzyska się postępu w elektronice, gdy stosować się będzie aparaturę przestarzałą lub wykonywaną chałupniczo na własny użytek, bez podstaw materialnych i kwalifikacji.

Wyposażenie jednostek zaplecza naukowo-badawczego i uczelni w nowoczesną aparaturę powinno być dokonane szybko, konsekwentnie i planowo. Należy wystrzegać się groszowych częstokroć oszczędności polegających na sprowadzaniu aparatury bez dodatkowego wyposażenia, co czyni ją mało użyteczną, a czasem nawet bezużyteczną. Należy również położyć nacisk na rozwój placówek mogących produkować unikalną aparaturę w krótkich seriach, jeśli import jest niemożliwy lub nieopłacalny. Decyzja o takiej produkcji musi następować szybko i być poprzedzona dokładną analizą techniczną i ekonomiczną.

W dziedzinie badań nad półprzewodnikami i przyrządami półprzewodnikowymi ważną rolę oprócz aparatury odgrywają również pomieszczenia laboratoryjne. Nasze zaplecze naukowo-badawcze nie dysponuje nowoczesnymi pomieszczeniami, które byłyby wyposażone w instalacje gazów technicznych o czystości półprzewodnikowej oraz gwarantowały odpowiednią czystość i stabilność atmosfery. Braki te prowadzą do zaniku kultury technologicznej wśród pracowników i do coraz większego zacofofania.

W 1971 r., wbrew przedstawionym wyżej warunkom rozwoju, nastąpił kolejny regres w planie rozwoju elektroniki; w drugiej wersji planu koordynacyjnego problemu węzłowego 06.2.2 zmniejszono proponowane nakłady na B + R na lata 1971–1975 w stosunku do wersji pierwszej.

Należy tutaj podkreślić, że zakup licencji nie zwalnia od konieczności prowadzenia prac badawczych i rozwojowych mających na celu rozwijanie metod uzyskanych drogą licencji, ale do takich prac nas zobowiązuje.

2. Prowadzenie prac badawczych i rozwojowych oraz — tam, gdzie to konieczne — zakup licencji stanowiących konsekwentny ciąg: od materiałów począwszy, a na finalnych urządzeniach i systemach włączonych w życie gospodarcze kraju skończywszy.

Podjmując decyzję o wszczęciu badań i wdrożeń w jakiegokolwiek dziedzinie powinno się brać pod uwagę końcowy efekt tej działalności. Priorytetowymi kierunkami w dziedzinie elektroniki, które stanowią konsekwentny cykl rozwojowy prowadzący do wyboru finalnego, są:

a) opracowanie technologii materiałów półprzewodnikowych, dielektrycznych, magnetycznych i pomocniczych o odpowiedniej czystości, wielkości i kontrolowanych właściwościach oraz metod ich kompleksowego badania;

b) opracowanie technologii przyrządów półprzewodnikowych o submikronowych rozmiarach struktur i ścisłej definicji domieszkowania i głębokości złącz (rzeźba elektronowa, laserowa, implantacja jonów);

c) opracowanie nowoczesnych elementów o wielkiej częstotliwości granicznej, wielkiej mocy lub wielkiej skali integracji, prowadzących do możliwości wytwarzania urządzeń sterujących, liczących, przetwarzających i przesyłających o wielkiej niezawodności, wielkiej pojemności informacyjnej, wielkiej miniaturyzacji i niskiej cenie;

d) opracowanie metod projektowania i optymalizacji układów elektronicznych różnych typów stosujących powyższe elementy;

e) opracowanie i uruchomienie produkcji nowoczesnej aparatury pomiarowej i sterującej produkcją, zautomatyzowanej i zapewniającej optymalne procesy i decyzje.

Obecny stan kadr, aparatury, urządzeń i pomieszczeń nie daje możliwości zapewnienia pełnego cyklu rozwojowego od materiałów do finalnych urządzeń i systemów. Brak ciągłości między poszczególnymi dziedzinami prowadzi do tworzenia przyczynków. Jak wykazało doświadczenie ostatnich 25 lat, nie zapewnia to możliwości stworzenia nowoczesnej produkcji na poziomie światowym.

Właściwą drogą wydaje się powzięta ostatnio decyzja zakupu licencji na poziomie obecnego stanu rozwoju i techniki pod warunkiem prowadzenia prac ba-

dawczych i rozwojowych oraz wdrożeń rozwijających poziom licencyjny zgodnie z tendencjami światowymi. Wynika stąd, że zakup licencji nie zwalnia naszego zaplecza od prowadzenia prac naukowo-badawczych w danej dziedzinie. Ostatnie posunięcia ocenić należy pozytywnie. Zakup licencji na szereg nowoczesnych tranzystorów krzemowych i na odpowiedniki światowej serii układów logicznych 74/54 spowodował w ciągu roku kilkuletni skok naprzód w dziedzinie produkcji półprzewodników w kraju. Od właściwego spełnienia warunków podanych w tym punkcie zależy, czy wskaźnik wzrostu nadal będzie tak wysoki.

Niemniej istotnym zagadnieniem dla osiągnięcia wysokiego standardu elektroniki w Polsce jest produkcja elementów pomocniczych, jak złącza, łączówki, końcówki, obudowy itp., mające decydujące znaczenie dla niezawodności sprzętu. Niestety, jak dotąd badania w tym zakresie są nadal bardzo mało rozwijane.

3. Rozszerzenie informacji o stanie elektroniki w kraju i na świecie przez odpowiednią organizację informacji naukowo-technicznej w kraju oraz przez zwiększenie importu czasopism, książek i materiałów z konferencji i udziału Polski w konferencjach i stażu zagranicznym.

Informacja naukowo-techniczna w kraju w dziedzinie elektroniki nie zapewnia wystarczającego przepływu informacji między zainteresowanymi jednostkami. Biuletyny informacyjne i prace instytutowe powinny być wydawane w takich nakładach, by we wszystkich pokrewnych jednostkach produkcyjnych lub zaplecza naukowo-badawczego były one dostępne w każdej pracowni. Wśród wydawnictw powszechnie dostępnych brak jest ważnych czasopism specjalistycznych. „Elektronika” np. powinna mieć dwie mutacje: technologiczną i układowo-aplikacyjną. Brak również specjalistycznego czasopisma z dziedziny materiałów stosowanych w elektronice.

Ograniczony możliwościami finansowymi zakup czasopism zagranicznych z krajów kapitalistycznych prowadzi do poważnego zubożenia informacji o stanie wiedzy na świecie. Należy wytypować czasopisma, które powinny znajdować się w każdej bibliotece instytucji prowadzącej badania w zakresie elektroniki (niektóre w kilku egzemplarzach) lub w każdej dużej bibliotece (np. biblioteki główne uczelni, Biblioteka Centrum). Należy przewidzieć fundusze na zakup wydawnictw sporadycznych, jak rozprawy doktorskie, raporty z kontraktów itp. Należy wreszcie usprawnić zakup książek zagranicznych przez polepszenie informacji o nowych wydawnictwach i przyspieszenie procedury zakupu. Wybór książek tłumaczonych na język polski wydaje się częstokroć nieprzemysłany i przypadkowy.

Nadzwyczaj ważnym problemem jest doprowadzenie do liczniejszego i powszechniejszego udziału delegacji polskich w kongresach i zjazdach zagranicznych. Zniesienie ograniczeń dewizowych na wyjazdy do krajów socjalistycznych nastąpiło dopiero w 1972 r., przy tym nie pociągnęło ono za sobą zwiększenia funduszy złotówkowych. Prowadzi to do paradoksalnej sytuacji niemożności realizowania niektórych wyjazdów do krajów socjalistycznych z powodu braku pokrycia złotówkowego.

Wyjazdy do krajów kapitalistycznych są nadal — ze względów finansowych — ograniczone. Tak np. w najważniejszej międzynarodowej konferencji mikroelektronicznej w Monachium, która odbywa się co dwa lata, w 1970 r. uczestniczyły z Polski tylko 4 osoby, w tym nikt z Naukowo-Produkcyjnego Centrum Półprzewodników, jednostki koordynującej rozwój mikroelektroniki w ramach problemu węzłowego 06.2.2. Należy wytypować ważne konferencje w każdej dziedzinie elektroniki, na które powinni wyjeżdżać przedstawiciele wszystkich jednostek pracujących w danej dziedzinie. Należy także ułatwić wyjazdy tym osobom, których referaty lub komunikaty zostały przyjęte do wygłoszenia na zjeździe lub konferencji. Referaty takie dają bowiem możliwość wykazania, że jesteśmy nie tylko konsumentami

elektroniki, ale również jej współtwórcami, ponadto popularyzują one osiągnięcia krajowe na forum światowym.

Należy rozwijać formę stażu długoterminowego (np. rocznego) dla młodych pracowników naukowo-badawczych i krótkoterminowego (np. miesięcznego) dla pracowników samodzielnych. Wyjazdy takie mają decydujące znaczenie dla opracowywania naszych własnych perspektyw rozwojowych i własnego „know-how”. Jak dotąd, zbyt długa procedura administracyjno-urzędowa prowadzi częstokroć do zaprzepaszczenia możliwości wyjazdowych, zwłaszcza finansowych przez stronę zagraniczną.

4. Konsekwentne unowocześnienie szkolenia kadr zarówno w formie, jak i treści oraz rozszerzenie horyzontów myślowych pracowników naukowo-badawczych w dziedzinie elektroniki przez organizację studiów podyplomowych oraz wymianę między nauką, techniką i szkolnictwem wyższym.

Zatrudnienie w dziedzinie prac badawczych i rozwojowych (B + R) w elektronice wynosi obecnie około 1500 osób, przewiduje się, że stan ten będzie się podwajać w ciągu 5–10 lat. Tak zaplanowany rozwój kadry kładzie istotne wymagania przed uczelniami, które muszą wykształcić odpowiednią liczbę personelu, przekazując mu wiedzę nowoczesną i potrzebną w badaniach i produkcji. Obecny poziom wykształcenia jest niewystarczający, a sylwetka kształconego magistra inżyniera o kierunku technologii elektronowej jest daleka od optymalnej.

W celu polepszenia tej sytuacji wydziały elektroniki politechnik opracowały nowe programy nauczania; zmiany w proporcjach podziału na poszczególne grupy przedmiotów przeprowadziło również Ministerstwo Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki. Zmiany te prowadzą do zwiększenia wiedzy podstawowej studenta w sposób umożliwiający mu samodzielną i twórczą pracę, usunięcia z wykładów materiału zbędnego, nie związanego z kierunkiem studiów i wreszcie do wprowadzenia przedmiotów obieralnych, prowadzonych na najwyższym poziomie i umożliwiających indywidualizację studiów. Liczne posunięcia partii i rządu zapoczątkowały okres wielkich reform na wyższych uczelniach. Jedną z najistotniejszych było wprowadzenie *Karty praw i obowiązków nauczyciela*. Istotne znaczenie miało również zwiększenie limitów dolarowych o 150% w 1972 r., zniesienie limitów na zakup aparatury w krajach socjalistycznych, powołanie Kombinatów Aparatury Badawczej i Dydaktycznej, stworzenie warunków komputeryzacji wyższych uczelni i wprowadzenie nowoczesnych technik audiowizualnych w dydaktyce czy wreszcie przygotowywanie przepisów o ułatwieniu przepływu kadry specjalistów między uczelniami, instytutami badawczymi i zapleczem technicznym.

Na tle tych zmian należy jak najszybciej rozwinąć, usprawnić i unowocześnić kształcenie magistrów inżynierów kierunku technologii elektronowej. Konieczna jest w tym celu rozbudowa bazy dla tego kierunku studiów oraz ściślejsze powiązanie programów na wydziałach fizyki uniwersytetów i kierunku technologii elektronowej wydziałów elektroniki politechnik, jak również skoordynowanie tych programów z potrzebami przemysłu. Koordynację tę ułatwia elastyczne określanie specjalizacji absolwenta dzięki wykładom obieralnym. Umożliwi to np. stworzenie nie znanej dotąd, a potrzebnej przemysłowi i zapleczu naukowo-badawczemu sylwetki magistra inżyniera technologii elektronowej z dobrą znajomością metod projektowania oraz teorii układów i obwodów elektronicznych.

Słuszne jest, że nowe programy są różne w różnych uczelniach; obiektywne uznanie któregoś z programów za optymalny jest niemożliwe, różne zaś sylwetki absolwentów z różnych uczelni mogą zapewnić właściwy dobór kadry w instytucjach naukowo-badawczych.

Wprowadzona na przestrzeni ostatnich kilku lat instytutowa forma organizacji wyższych uczelni spełniła pokładane w niej nadzieje, wymaga jednak jeszcze dopra-

cowań i usprawnień. Należy zwiększyć zaplecze organizacyjno-techniczne instytutów, co odciąży pracowników naukowo-dydaktycznych od zajmowania się zagadnieniami nie związanymi z ich podstawową działalnością: nauką i nauczaniem. Należy jednocześnie nadal ograniczać niepotrzebne działania formalne (np. planowanie zapotrzebowania na aparaturę naukowo-badawczą na 5 lat naprzód z podaniem typów i ceny). Słusznym posunięciem jest pozostawienie do decyzji dyrekcji instytutów ich organizacji wewnętrznej.

Wydaje się, że obecny instytut na uczelni, składający się na ogół z około 100 pracowników, jest jednostką optymalną i dalsza integracja nie jest wskazana. Wynika to z trudności kierowania większymi jednostkami przy specyfice pracy na uczelni, gdzie każdy pracownik prowadzi 5 różnych działalności: dydaktyczną, naukową, społeczno-wychowawczą, administracyjno-organizacyjną i zleconą dla przemysłu. Godziny pracy od 8 do 20, z których część spędzana jest w salach wykładowych poza instytutem, nie sprzyja łatwemu kontaktowaniu się kierownictwa z personelem. Dlatego większe jednostki muszą być dzielone na mniejsze, niezależne grupy, co prowadzi w efekcie do tendencji dezintegracyjnych.

Kolejnym istotnym zadaniem stojącym przed uczelniami wyższymi jest doskonalenie kadry naukowo-badawczej, zaplecza technicznego oraz własnego personelu nauczającego. Jedną z form są studia podyplomowe, od szeregu lat prowadzone na wydziałach elektroniki politechnik. Należy rozwijać tę formę szkolenia, a nawet wzorować się na Japonii, USA i innych krajach, wprowadzając obowiązek cyklicznego doszkalania personelu zaplecza naukowo-badawczego. Studia doktoranckie też są istotną formą kształcenia kadr, muszą jednak ulec zdecydowanej reformie. Obecnie trwają one zbyt długo, często nie kończą się rozprawą doktorską, nie są powiązane treściowo z potrzebami gospodarki.

Istotną formą podwyższania kwalifikacji i rozszerzania horyzontów myślowych zarówno dla pracowników uczelni, jak i zaplecza są okresowe wymiany pracowników między instytutami resortowymi, PAN i uczelniami. Istnieją zasadniczo dwa aspekty utrudniające taką wymianę: po pierwsze, w początkowym okresie wydajność pracownika spada, po drugie, różnice płac między trzema rodzajami instytutów są znaczne. Wydaje się, że pierwsza trudność będzie istotna tylko w początkowej fazie wymian, druga jest już stopniowo likwidowana przez regulacje płac, które jednak muszą być doprowadzone do konsekwentnego zakończenia. Wymiana jest szczególnie łatwa między zespołami rozwiązującymi jeden problem węzłowy. Jednostki koordynujące problem powinny zaproponować i przestrzegać realizacji takiej wymiany.

5. Rozwój form programowania, planowania i organizacji.

W latach 1970-1972 zmiany organizacyjne w elektronice polegały na intensywnej integracji zarówno organizacyjnej, jak i tematycznej. Powstanie instytutów w uczelniach i Naukowo-Produkcyjnego Centrum Półprzewodników jest tego wyrazem. Kolejne nowe formy organizacyjne nie są obecnie potrzebne, należy dokonać zmian dopiero wtedy, gdy stare formy, przy ich optymalnym wykorzystaniu, nie mogą prowadzić do poprawienia działalności. Należy obecnie dążyć do dalszej integracji drogą ulepszania i zacieśniania współpracy między jednostkami rozwiązującymi ten sam lub pokrewne problemy. Dotyczy to szczególnie współpracy w trójkącie: instytut resortowy – instytut PAN – uczelnia. Omawiana poprzednio wymiana pracowników jest jedną z form stymulowania współpracy. Drugą możliwością jest tworzenie laboratoriów środowiskowych, zalecanych licznymi uchwałami i rozporządzeniami, lecz dotąd realizowanych w zbyt małym stopniu. Jest wiadome, że często przyrządy importowane są wykorzystywane jedynie w kilku procentach, nie-

które przez wiele lat nie są zestawione i używane. Organizacja laboratoriów środowiskowych powinna zostać powierzona jednostkom koordynującym dany problem.

Z powyższych rozważań wynika istotna rola koordynacji zapewniającej właściwy rozwój form organizacyjnych. Działy planowania w jednostkach wiodących powinny zostać wzmocnione specjalistami z zakresu elektroniki. Koordynująca rola Ministerstwa Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki jest również oczywista. Podobnie jak instytuty uczelniane, tak i instytuty resortowe i PAN powinny posiadać wzmocnione zaplecze organizacyjno-techniczne, co odciążałoby personel naukowo-badawczy od obowiązków formalnych i administracyjnych. Obowiązki te to jedna z większych bolączek naszego zaplecza, którą należy zdecydowanie zlikwidować.

Przy obecnej organizacji zaplecza naukowo-badawczego w Polsce nad poszczególnymi zagadnieniami pracują instytucje o różnych przynależnościach organizacyjnych i ściśle zharmonizowanie ich wysiłków jest podstawowym warunkiem właściwego wykorzystania potencjału kadrowego i aparaturowego. Istniejąca obecnie troistość w działalności naukowej: resort – PAN – uczelnia, wymaga zdecydowanego uzdrowienia. Metoda powoływania jednostki lub zespołu koordynującego nie okazała się, jak dotąd, efektywna i dublowanie prac, przyczynkarstwo oraz marnowanie potencjału naukowego nadal jest spotykane. Kontakty między jednostką koordynującą a wykonującą sprowadzają się częstokroć jedynie do podpisania umowy i protokołu odbiorczego z wykonanej pracy. Wynika stąd wniosek, że istniejąca obecnie forma, polegająca na podpisaniu przez jednostkę wiodącą umów z jednostką współpracującą, nie jest doskonała, gdyż prowadzi do zbyt luźnych i sporadycznych kontaktów. Wprowadzenie zaproponowanych wyżej form współpracy może polepszyć tę sytuację, lecz należy w dalszym ciągu opracowywać formy organizacyjne mające na celu wprowadzenie jednego kierownictwa nad jednostkami pracującymi w ramach danego pełnego cyklu rozwojowego, w którego skład wchodzi również bezpośredni wykonawcy problemu.

W poszukiwaniu optymalnych form współpracy powstały instytuty uczelniano-przemysłowe. Mają one jednak szereg wad, m.in. dwoistość kierownictwa i konieczność utrzymywania dwóch niezależnych organizacji w jednym instytucie. Nie zostały natomiast dotąd wypróbowane wspólne instytuty uczelni i PAN, przy których organizacji można by oprzeć się na doświadczeniach francuskich. W dziedzinie elektroniki odczuwa się brak instytutu w PAN i wydaje się ze wszech miar celowe utworzenie takiego instytutu zajmującego się elektroniką w najszerszym tego słowa znaczeniu. Instytut taki powinien działać w ścisłym powiązaniu z Wydziałem Elektroniki Politechniki Warszawskiej, jego pracownicy powinni prowadzić zajęcia dydaktyczne na Politechnice, a tematyka naukowa powinna być ustalana na wspólnych posiedzeniach Rady Naukowej i Rady Wydziału i prowadzona w ścisłej współpracy.

Na zakończenie rozważań o optymalnych formach organizacyjnych prac naukowo-badawczych w dziedzinie elektroniki należy zwrócić uwagę na celowość udzielenia jednej instancji wszelkich pełnomocnictw przy podejmowaniu decyzji zarówno merytorycznych, jak i finansowych. Jednostka taka byłaby odpowiedzialna za harmonijny rozwój elektroniki w kraju w sferze badań, wdrożeń oraz produkcji.

STAN I PERSPEKTYWY ROZWOJU POSZCZEGÓLNYCH DZIEDZIN ELEKTRONIKI

TECHNOLOGIA PÓLPRZEWODNIKÓW

Technologia elektronowa jest dziedziną elektroniki polegającą na umiejętności realizacji podzespołów elektronicznych zarówno dyskretnych, jak i scalonych, i to

o różnym stopniu integracji. Opiera się ona na szeregu nauk podstawowych i stosowanych, takich jak fizyka ciała stałego, nauka o materiałach, technologia struktur elektronowych, wiedza o przyrządach elektronowych i elementach elektronicznych, wreszcie teoria i technika układów elektronicznych.

Technologię półprzewodników można podzielić na dwie zasadnicze dziedziny:

1. teorię i technikę materiałów półprzewodnikowych, prowadzące do poznania ich właściwości i umiejętności wytwarzania tych materiałów o odpowiedniej czystości i budowie krystalicznej;

2. teorię i technikę struktur półprzewodnikowych, prowadzące do umiejętności wytwarzania przyrządów półprzewodnikowych, takich jak tranzystory bipolarne, tranzystory MOS, diody różnego rodzaju, tyrystory, elementy objętościowe, przyrządy galwanometryczne, optoelektroniczne i inne.

Do niedawna jeszcze podejście do zagadnień materiałowych było czysto empiryczne, makroskopowe właściwości materiałów określano i systematyzowano na drodze doświadczalnej. Obecnie poznane zjawiska i prawa umożliwiają celową budowę przez człowieka różnych materiałów mających żądane własności fizyczne i chemiczne. Ta dyscyplina zwana jest inżynierią materiałową.

Dla wytworzenia struktury półprzewodnikowej stanowiącej konkretny element wymagane jest kilkanaście podstawowych czynności technologicznych, z których każda składa się z szeregu czynności składowych. Uzyskanie właściwego efektu tych czynności uwarunkowane jest takimi czynnikami, jak uzyskanie struktur i powierzchni bez defektów, odpowiedniej, submikronowej dokładności zdefiniowania obszarów itp. Podstawową sprawą dla opanowania technologii półprzewodników jest więc odpowiednia aparatura, przeszkolony personel i znajomość procesów, czyli tzw. „know – how”.

Podstawowym materiałem, na którym opiera się obecnie na świecie technologia półprzewodników, jest krzem. W 1971 r. 84% wartości przyrządów półprzewodnikowych stanowiły przyrządy krzemowe, 7,5% germanowe, 8,3% przyrządy oparte na materiałach $A^{III}B^V$ oraz jedynie 0,2%, przyrządy oparte na materiałach $A^{II}B^VI$. Podział ten wynika z faktu dobrego opanowania technologii krzemu i zrozumienia zjawisk w nim występujących. Istnieją natomiast do tej pory trudności otrzymywania tanich i o powtarzalnych parametrach materiałów grupy $A^{III}B^V$, a zwłaszcza grupy $A^{II}B^VI$ oraz innych materiałów półprzewodnikowych. Materiały te są bardzo obiecujące dla postępu w dziedzinie przyrządów półprzewodnikowych, gdyż umożliwiają realizację materiałów o bardzo szerokim zakresie różnych właściwości.

Przy wytwarzaniu struktur półprzewodnikowych najistotniejszymi parametrami są: dokładności geometryczne, gęstości defektów i niejednorodności. Uzyskanie ściśle określonego profilu domieszek uzyskuje się obecnie przez dwuetapowy proces dyfuzji, przy czym przewiduje się możliwość uzyskania znacznego polepszenia właściwości przez stosowanie w pierwszym etapie procesu implantacji jonów. Natomiast ustabilizowanie i zmniejszenie stanów powierzchniowych półprzewodnika uzyskuje się przez wprowadzenie w obszar przejściowy tlenek-półprzewodnik obcych atomów, np. złota lub warstwy azotku.

Uzyskiwanie odpowiednich wzorów domieszek na powierzchni półprzewodnika realizowane jest obecnie techniką fotolitografii; uzyskuje się dokładności nie lepsze niż $\pm 2 \mu\text{m}$. Prowadzone badania nad rzeźbą za pomocą wiązki elektronowej lub jonowej przy jednoczesnym sterowaniu procesem komputerem wskazują na możliwości znacznego polepszenia tego parametru.

Rozwój prac badawczych w dziedzinie technologii półprzewodników dąży obecnie na świecie w następujących kierunkach, do których należy:

1. synteza związków $A^{III}B^V$ oraz $A^{II}B^VI$;

2. rafinacja i monokryształizacja;
3. obróbka powierzchni i epitaksja;
4. rozwój metod charakteryzacji materiałów półprzewodnikowych;
5. unowocześnienie metod domieszkowania półprzewodnika;
6. unowocześnienie metod wytwarzania rozkładów domieszek;
7. opracowanie technologii połączeń belkowych i łączenia dyfuzyjnego;
8. opracowanie ulepszonych metod hermetyzacji;
9. ulepszenie parametrów przyrządów półprzewodnikowych (przyrządy mikrofalowe, pikosekundowe, struktury MIS i inne).

W Polsce w zakresie materiałów półprzewodnikowych badania prowadzą: Ośrodek Naukowo-Produkcyjny Materiałów Półprzewodnikowych CEMI (prowadzi on również produkcję doświadczalną), Instytut Fizyki PAN, Instytut Fizyki Doświadczalnej UW, Instytut Technologii Elektronowej – CEMI, WAT oraz częściowo Instytut Badań Jądrowych. Prowadzone są prace nad otrzymywaniem związków $A^{II}B^{VI}$ oraz $A^{III}B^V$ oraz ich pomiarami. Metody badania półprzewodników są jednak mało precyzyjne ze względu na brak odpowiednio rozbudowanego „aparatu” pomiarowego. Zagadnienia materiałów półprzewodnikowych wchodzą w zakres problemów węzłowych 06.2.1 i 06.2.2. Do problemu 06.2.2. wchodzi też zagadnienie opracowania i badania struktur półprzewodnikowych. Pracują nad nimi ITECEMI we współpracy z Politechniką Warszawską i Gdańską, IF PAN, IChF PAN i IBJ. Większość prac nad konstrukcją przyrządów półprzewodnikowych i ich technologią ma charakter odtwórczy. Niektóre zagadnienia są opracowywane w sposób niewystarczający lub połowiczny i prowadzą do zacofania pewnych dziedzin technologii. Należą do nich np. prace w zakresie powierzchni półprzewodnika. W latach ubiegłych szereg osiągnięć w Polsce miało poziom dorównujący stanowi światowemu, większość jednak tych prac uległa z biegiem czasu zahamowaniu wskutek braku materiałów i ograniczonych środków.

Należy w kraju prowadzić badania szczególnie w następujących dziedzinach:

1. rozwoju metod badania i pomiarów materiałów półprzewodnikowych;
2. rozwoju metod badania i pomiarów powierzchni i warstw epitaksjalnych;
3. badań nad uzyskiwaniem bardzo czystych materiałów półprzewodnikowych (Si, $A^{II}B^{VI}$, $A^{III}B^V$);
4. rozwoju własnych badań nad wytwarzaniem struktur* półprzewodnikowych na bazie licencji i „know-how”;
5. badań nad wyprowadzeniami belkowymi i hermetyzacją;
6. poszukiwań nowych metod technologicznych.

Dla harmonijnego wykonania tych zadań niezbędne jest szkolenie kadry inżynierów materiałowców, fizyków, fizyko-chemików, metalurgów i elektroników-technologów. Należy rozpatrzyć możliwości produkcji eksportowej, utworzenia Instytutu Inżynierii Materiałowej PAN oraz stworzenia laboratorium środowiskowego badań materiałów półprzewodnikowych przy ITE-CEMI lub IF PAN.

TECHNOLOGIA WYSOKIEJ PRÓŻNI

Technologia wysokiej próżni jest dziedziną nauki i techniki mającą na celu realizację aparatury wytwarzającej możliwie doskonałą próżnię, tzn. małe ciśnienie i kontrolowany skład resztek gazów. Możliwości uzyskania dobrej próżni są nadzwyczaj istotne w szeregu zastosowań zarówno profesjonalnych, jak i powszechnego użytku. I tak technika próżniowa jest podstawą przy nakładaniu cienkich warstw, przy próżniowym topnieniu metali lub przy koncentrowaniu wiązki elektronowej lub jonowej. Wysoka próżnia jest niezbędna przy liofilizacji produktów spożywczych,

wytwarzaniu termometrów dobrej jakości i wreszcie przy badaniach naukowych w takich dyscyplinach, jak fizyka, chemia, medycyna, biologia, elektronika, metaloznawstwo, mechanika precyzyjna, optyka i wiele innych.

Badania nad metodami wytwarzania próżni prowadzone są na świecie od bardzo dawna. Przez długi okres podstawowym użytkownikiem tej dziedziny techniki był przemysł lamp elektronowych i tak wąski zakres zastosowań nie inspirował i nie wymagał prowadzenia zaawansowanych prac. Gwałtowny rozwój elektroniki i wytwarzania materiałów o atomowych czystościach spowodował ogromny wzrost zainteresowania techniką wysokiej próżni i jej dynamiczny rozwój. Obecnie dziedzina ta zajmuje się następującymi zagadnieniami, do których należy:

1. badanie materiałów z punktu widzenia sorpcji i desorpcji oraz wydzielania gazów w warunkach próżniowych;
2. badanie olejów i smarów próżnioszczelnych oraz elastomerów;
3. badania złącz, przepustów i zaworów próżnioszczelnych oraz stanowisk próżniowych;
4. badania pomp próżniowych różnego rodzaju (mechanicznych, dyfuzyjnych, sorpcyjnych);
5. badanie metod pomiarowych wysokiej próżni (próżniomierze hydrostatyczne, mechaniczne, cieplne i jonowe);
6. badania nad analizą gazów i wykrywaniem nieszczelności;
7. prace w zakresie automatyzacji procesów pompowych.

W Polsce intensywne prace badawcze i wdrożeniowe w zakresie wysokiej próżni rozpoczęły się w początku lat pięćdziesiątych. Powstała wtedy Katedra Wysokiej Próżni na Politechnice Warszawskiej i w 1955 r. Przemysłowy Instytut Elektroniki. Kolejny zwrot w kierunku intensyfikacji prac w tej dziedzinie nastąpił przed około 3 lata, gdy rozwój nowoczesnego przemysłu w Polsce zaczął wymagać realizacji próżni o wysokiej jakości. Obecnie nad technologią wysokiej próżni pracuje Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Elektroniki Próżni z Zakładem Doświadczalnym w Bolesławcu, Instytut Technologii Elektronowej Politechniki Warszawskiej z Zakładem Doświadczalnym ZOPAP oraz Politechnika i Uniwersytet we Wrocławiu. W większości wymienionych dziedzin stan badań krajowych nie odbiega od średniego światowego. Zaniedbane są badania w zakresie pomp mechanicznych i próżniomierzy mechanicznych, natomiast na czele czołówki światowej znajdujemy się w tematyce próżniomierzy jonowych.

W naszej aktualnej sytuacji rozwijanie problematyki wysokiej próżni w kraju jest celowe i bezwzględnie konieczne. Badania powinny być skoncentrowane w następujących kierunkach:

1. automatyzacji stanowisk próżniowych na zakres ciśnień od 10 Tr do 10^9 Tr;
2. opracowania elementów składowych stanowisk próżniowych o wysokiej jakości (jak zawory itp.);
3. opracowania urządzeń do otrzymywania próżni zarówno olejowych, jak bezsmarowych;
4. badań w dziedzinie wykrywania nieszczelności;
5. nadrobieniu zaległości w zakresie pomp i próżniomierzy mechanicznych.

Szkielet organizacyjny placówek naukowo-badawczych specjalizujących się w technologii wysokiej próżni został w ostatnich latach uformowany i nie wydaje się, aby wymagał on w najbliższym czasie poważniejszych zmian. Specjalizacja w zakresie elektroniki próżniowej jest prowadzona obecnie na Politechnice Warszawskiej i Wrocławskiej, należy jedynie unowocześnić jej programy.

Rozwijana jest współpraca z zagranicą. Zorganizowano dwa kolokwia próżniowe

polско-francuskie, należy wzmóc współpracę w tej dziedzinie z ZSRR i Krajami Demokracji Ludowych.

MIKROELEKTRONIKA

Po okresie tranzystoryzacji elektronika weszła w kolejne przełomowe stadium rozwoju, zwane mikroelektroniką, którego najbardziej zmienną cechą jest integracja elementów elektronowych w nierozbieralnych monolitycznych układach scalonych. Podstawowym celem stosowania mikroelektroniki jest zwiększenie niezawodności, zmniejszenie rozmiarów, ciężaru i poboru mocy oraz zmniejszenie ceny i kosztów eksploatacji urządzeń. Właściwości te uzyskuje się w pierwszym rzędzie dzięki scaleniu elementów. Zmniejszenie liczby połączeń, jednorodność materiałów i procesów produkcyjnych, możliwość masowego wytwarzania, ekwitermiczność i powtarzalność wartości elementów oto podstawowe cechy prowadzące do znanych obecnie powszechnie właściwości mikroelektronicznych układów scalonych.

Produkcja półprzewodnikowych układów scalonych rozpoczęła się w USA w 1961 r., w Polsce w 1972 r. — opóźnienie wynosi więc 11 lat. Obecnie na świecie produkuje się około 80% układów w standardowej skali integracji (SSI), około 5% w wielkiej skali integracji (LSI), resztę w średniej skali integracji (MSI). W niektórych produujących firmach, jak Texas Instruments, 40% produkcji stanowią układy średniej skali integracji. W Polsce produkuje się obecnie na bazie licencji kilka podstawowych typów układów standardowej skali integracji.

60–70% produkcji światowej półprzewodnikowych układów scalonych stanowią układy cyfrowe, resztę układy liniowe, jak wzmacniacze operacyjne, komparatory, układy regulacji napięcia i bloki wzmacniające do odborników radiowych i telewizyjnych, zarówno czarno-białych jak i kolorowych. W Polsce produkuje się obecnie jedynie układy cyfrowe.

W mikroelektronice, jak w mało której gałęzi elektroniki, droga między badaniem naukowym a wdrożeniem i produkcją jest bardzo krótka. Układy scalone oparte np. na tranzystorach MOS, które kilka lat temu były dopiero w stadium badań laboratoryjnych, są obecnie produkowane i stały się poważnym konkurentem dla układów bipolarnych. Przewyższają je stopniem scalenia, miniaturyzacją i niskim poborem mocy. Ustępują jeszcze znacznie w szybkości działania, lecz intensywne prace badawcze w tej dziedzinie wskazują na możliwości szybkiego usunięcia tej wady układów scalonych typu MOS. Zwłaszcza jako pamięci czynne o pojemności kilku tysięcy bitów w jednym kawałku krzemu układy MOS są bezkonkurencyjne.

Rozwój prac badawczych w dziedzinie mikroelektroniki dąży obecnie na świecie w następujących kierunkach, do których należy:

1. Zwiększenie skali integracji przez ulepszenie procesów technologicznych. Im doskonalsza technologia, tym wyższa jest opłacalna skala integracji. Badania obejmują: szybkie układy MOS, nowe materiały, ulepszone metody selektywnych domieszkowań, ulepszone metody izolacji elementów i uzyskiwania stabilności stanów powierzchniowych.

2. Wprowadzenie nowych, ulepszonych układów cyfrowych i liniowych, których projekt i optymalizacja są z reguły uzyskiwane za pomocą maszyn cyfrowych. Badania te dotyczą również zmodyfikowanych topologii zapewniających szybsze, bardziej niezawodne i ekonomiczniejsze układy scalone. W perspektywie należy liczyć się z realizacją bloków funkcjonalnych, tzn. układów spełniających daną funkcję elektroniczną, w których nie wyróżnia się poszczególnych klasycznych elementów, a które działają na zasadach elektronicznych, optycznych, termicznych, elektromagnetycznych i innych.

3. Wprowadzenie tańszych i bardziej niezawodnych obudów lub niezawodnych układów bez obudów.

4. Ulepszenie metod montażu mikroukładów, w wielkiej i średniej skali integracji przez stosowanie technik hybrydowych i maszynowe projektowanie sieci połączeń w drutach wielowarstwowych.

5. Ulepszanie metod automatycznego projektowania, wytwarzania i kontroli mikroukładów z zastosowaniem samokontroli procesu i procesów adaptacyjnych.

W Polsce mikroelektronika zaczyna się dopiero rozwijać, głównie na bazie licencji. W sierpniu 1972 r. rozpoczęła się produkcja pierwszych układów cyfrowych SSI, obecnie przygotowuje się wdrożenie układów liniowych. W tej dziedzinie wyprzedzili nas w krajach naszego obozu ZSRR, NRD, CSRS, Węgry i Bułgaria. Jedną z przyczyn naszego zacofania jest niedocenywanie przez szereg lat rozwoju elektroniki oraz brak odpowiedniego finansowania.

Nad rozwojem mikroelektroniki półprzewodnikowej w Polsce pracuje ITE-CEMI, nad mikroelektroniką warstwową – ITE-CEMI, Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Elektroniki Próżni, Unimor oraz Telpod. Duży udział w tej dziedzinie, zwłaszcza w sferze badań układowych, aplikacyjnych i pomiarowych, mają politechniki, szczególnie Warszawska, Gdańska i Wrocławska. Przed mikroelektroniką w Polsce stoi obecnie przede wszystkim zadanie dorównania do poziomu światowego. Należy sobie uświadomić, że w pierwszych latach rozwoju mikroelektroniki nasze osiągnięcia liczyły się w skali światowej, czego przykładem może być opracowany w 1961 r. w IPPT PAN multiwibrator monolityczny. Wspomniane przyczyny doprowadziły do zaprzestania tych osiągnięć i do obecnego stanu zacofania.

Na bazie zakupionych licencji należy prowadzić intensywne prace badawcze i rozwojowe, które utrzymują nas we właściwym tempie rozwoju i nie dopuszczają do ponownej stagnacji na poziomie tych licencji. Należy szczególnie prowadzić badania w następujących dziedzinach:

1. poszukiwań optymalniejszych metod technologicznych – pewne nowe opracowania i technologie liczące się w skali światowej są u nas możliwe;
2. badań powierzchni półprzewodników dla celów techniki MOS i MIS;
3. badań nad układami półprzewodnikowymi innymi niż krzemowe;
4. opracowań metod projektowania układów scalonych, zwłaszcza za pomocą komputerów, metod optymalizacji i niekonwencjonalnych zastosowań.
5. badań nad średnioskalową integracją hybrydową,
6. badań nad montażem układów scalonych o dużej niezawodności.

Badania te pozwolą utrzymać skok, jaki zrobiliśmy w mikroelektronice dzięki zakupom licencyjnym. Wymagają one odpowiednich środków finansowych i szkolenia kadr o kwalifikacjach odpowiadających potrzebom tej nowoczesnej techniki.

OPTOELEKTRONIKA PÓLPRZEWODNIKOWA

Pod pojęciem optoelektronika półprzewodnikowa rozumie się dziedzinę elektroniki zajmującą się badaniami zjawisk występujących w półprzewodnikach w wyniku wzajemnego oddziaływania fotonów i elektronów oraz konstrukcję i technologię przyrządów półprzewodnikowych, których działanie opiera się na wykorzystaniu tych zjawisk. Zostaną również w tym miejscu wspomniane elementy optoelektroniczne oparte na ciele stałym niepółprzewodnikowym, np. na szkłe, niektórych kryształach czy wreszcie ciekłych kryształach.

Badania w dziedzinie optoelektroniki obejmują fizykę ciała stałego, optykę, chemię, metalurgię i teorię układów elektronicznych. Badania podstawowe obejmują zjawisko elektroluminescencji, rekombinacji promienistej nośników elektryczności

w półprzewodniku, propagacji promieniowania w półprzewodniku czy wreszcie przepływu ciepła w strukturach półprzewodnikowych. Podstawowymi przyrządami optoelektronicznymi są: fotodetektory, diody elektroluminescencyjne, lasery, optotrony, układy scalone złożone np. z fotodetektorów i diod oraz optoelektroniczne elementy pasywne (jak kryształy modulujące, światłowody itp.). Półprzewodnikowe źródła światła stosują specjalne materiały, jak GaAs, GaP, GaAsP czy GaAlAs. Najbardziej typowe zastosowania układów optoelektronicznych to urządzenia w łączności optycznej, mozaiki fotodetektorowe (np. do automatycznego rozpoznawania znaków), wskaźniki alfanumeryczne, mozaiki świetlne (np. do kineskopów półprzewodnikowych), systemy pamięciowe o wielkich pojemnościach (np. do 10^{12} bitów) oraz holografia.

Szybki rozwój optoelektroniki półprzewodnikowej na świecie datuje się od 1962 r. wraz ze skonstruowaniem pierwszego lasera półprzewodnikowego. W Polsce pierwszy laser tego typu skonstruowano w 1966 r., tak więc w pierwszym etapie opóźnienie naszej optoelektroniki nie było tak znaczne. Obecny rozwój optoelektroniki półprzewodnikowej jest nadzwyczaj dynamiczny; przewiduje się, że światowy wzrost produkcji w tej dziedzinie w latach 1971–1975 będzie 6-krotny. Szczególnie szybki jest wzrost produkcji fotodetektorów, co uzasadnia bardzo szeroki zakres ich zastosowań. W grupie fotodetektorów mieszczą się również samowybierające mozaiki fotodetektorowe zawierające 64 do 256 punktów światłoczułych, będące podstawowym elementem rozpoznawania optycznego.

Źródła promieniowania mogą być półprzewodnikowe, uzyskiwane za pomocą ciekłych kryształów, oraz laserowe. Szybki rozwój ich produkcji oraz mozaik świetlnych z ich tworzonych zapewnia możliwość coraz powszechniejszego ich stosowania.

Rozwój prac badawczych w dziedzinie optoelektroniki półprzewodnikowej dąży obecnie na świecie w następujących kierunkach:

1. W dziedzinie fotodetektorów – zwiększenie szybkości działania, czułości, przystosowanie do przenoszenia dużych prądów oraz zwiększenie zakresu widma światła rozpoznawczego, zwiększenie zdolności rozdzielczej mozaik.
2. W dziedzinie nowych konstrukcji fotodetektorów – fotodiody Schottky'ego, fototranzystory polowe, fototyristory oraz nowe materiały, np. związki $A^{II}B^{VI}$.
3. W dziedzinie ulepszenia optotronów – osiągnięcie czasów przyłączania w zakresie mikrosekund, a prądów i napięć przełączanych w zakresie setek amperów i setek woltów.
4. W dziedzinie półprzewodnikowych źródeł promieniowania – zwiększenie sprawności i luminancji, rozszerzenie zakresu barw, zwiększenie gęstości punktów świetlnych mozaik. Opracowanie taniego lasera półprzewodnikowego pracującego z falą ciągłą w temperaturze pokojowej.
5. Podejmowaniu badań w dziedzinie pamięci optycznych, holograficznych i magneto-optycznych.

W Polsce stan optoelektroniki półprzewodnikowej jest zacofany zarówno pod względem naukowym, jak i technicznym, co wiąże się z ogólnie niskim poziomem technologii i niewielkim zapotrzebowaniem na zaawansowane pod względem technicznym wyroby przemysłu elektronicznego. Prace w dziedzinie fotodetektorów prowadzono od 1959 r. w IPPT PAN, potem w ITE-CEMI i w Przemysłowym Instytucie Elektroniki w Toruniu, stosując kolejno german, krzem, CdS i CdSe. Prace nad tym tematem prowadzi również ITE PW, IF PAN oraz WAT. Nad półprzewodnikowymi źródłami światła pracuje ITE-CEMI (lasery, diody GaAs, GaP i SiC, badanie diod CdSe i CdTe).

W celu nadrobienia zaległości w dziedzinie optoelektroniki półprzewodnikowej

należy w pierwszym etapie prac do 1976 r. opracować technologię oraz metodykę badania wybranych grup przyrządów. Są to:

1. szybkie fotodetektory krzemowe jako elementy dyskretne i mozaiki;
2. fotodetektory na podczerwień ze związków $A^{III}B^V$ i $A^{II}B^{VI}$;
3. wysokosprawne diody luminescencyjne GaAs oraz lasery heterowarstwowe GaAs-GaAlAs;
4. źródła promieniowania czerwonego i zielonego – dyskretne i mozaiki;
5. badania podstawowe nad przemianą energii promienistej i elektrycznej.

Na podstawie osiągnięć pierwszego etapu należy po 1976 r. prowadzić intensywne prace rozwojowe i badania stosowane. Będą to:

1. urządzenia mozaikowe;
2. urządzenia do wzmacniania obrazów i transformacji barw;
3. poszukiwania nowych materiałów optoelektronicznych, jak wieloskładowe związki $A^{III}B^{VI}$ i półprzewodniki amorficzne.

Do realizacji tych zamierzeń konieczne są odpowiednie środki finansowe i inwestycyjne oraz odpowiednie ustawienie specjalizacji na wydziałach elektroniki politechnik i fizyki uniwersytetów, szczególnie w Warszawie, gdzie koncentruje się tematyka optoelektroniczna. Jednostką wiodącą w tej dziedzinie powinien pozostać ITE-CEMI, przy współpracy IF PAN, IF UW oraz WAT i ITE PW. Należy również rozszerzyć współpracę międzynarodową, zwłaszcza z ZSRR, NRD, Węgrami i Francją.

LASERY

Laser jest urządzeniem wytwarzającym spójne promieniowanie świetlne. Podstawowymi cechami promieniowania laserowego jest jego wysoka monochromatyczność, wysoka gęstość spektralna mocy i energii oraz mały kąt rozbieżności wiązki. W obecnym stanie techniki wykorzystuje się lasery pracujące w zakresie długości fal od $0,23 \mu\text{m}$ do dalekiej podczerwieni $333 \mu\text{m}$.

Lasery znalazły zastosowanie w obróbce i mikroobróbce materiałów, spektroskopii, interferometrii, holografii, łączności, metrologii, chirurgii i wielu innych. W zależności od przeznaczenia stosuje się lasery o różnych mocach i energiach wiązki oraz różnych długościach emitowanej fali świetlnej i w zależności od rodzaju lasera i sposobu pobudzania uzyskuje się promieniowanie ciągłe lub impulsowe o bardzo wielkiej mocy w impulsie.

Pierwszy laser uruchomiony został na monokrystalu rubinu w 1960 r. w USA. Pierwsze w kraju prace w tej dziedzinie rozpoczęto już w 1962 r. w WAT, Politechnice Warszawskiej i Uniwersytecie Poznańskim. Obecnie najwyższy poziom prac badawczych i produkcji laserów jest w USA, gdzie około 300 firm produkuje urządzenia elektroniki kwantowej o asortymencie, ilości i parametrach przewyższających znacznie wszystkie inne znane, przy czym dynamika rozwoju jest wciąż tak duża, że dystans w stosunku do naszych osiągnięć z każdym rokiem rośnie. Na wysokim poziomie prowadzone są również badania w ZSRR i w krajach Europy zachodniej, nie rozwijają one jednak szerzej produkcji urządzeń laserowych. W krajach demokracji ludowej najszybciej wprowadziła niektóre z opracowań do małoseryjnej produkcji Czechosłowacja; poziom naszych opracowań laboratoryjnych jest dobry, brak jednak zupełnie wdrożeń do produkcji.

Rozwój prac badawczych w dziedzinie laserów dąży obecnie na świecie w następujących kierunkach:

1. poszukiwań nowych materiałów laserowych o wysokiej sprawności uzyskiwania inwersji obsadzeń;

2. poszukiwań nowych konstrukcji laserów dających duże moce, duże stałości długości fali emitowanego światła, niski poziom szumów;

3. obróbki wiązki światła laserowego przez jej formowanie, modulację itp.;

4. poszukiwanie nowych zastosowań promieniowania laserowego.

W Polsce prace nad laserami prowadzone są już od 10 lat, jednak ich rozwój jest bardzo utrudniony ze względu na brak oparcia w przemyśle. Brak opanowania technologii podstawowych elementów i podzespołów w kraju przy jednoczesnym braku dewiz na ich zakup powoduje, że większość jednostek zmuszona jest wytwarzać wszystko we własnym zakresie od podstaw. Tak więc we wspomnianym czasie wykonano laboratoryjnie kilkadziesiąt egzemplarzy laserów rubinowych, neodymowych i helowo-neonowych, w ostatnich zaś latach opracowano również lasery CO₂, jonowe i półprzewodnikowe GaAs. Lasery te używane są w różnych, wymienionych uprzednio, dziedzinach gospodarki.

Obecnie prace nad laserami prowadzone są w ramach problemu węzłowego 06.2.3, koordynowane przez Instytut Elektroniki Kwantowej WAT. W rozwiązywaniu problemu współpracują: politechniki Warszawska, Wrocławska i Łódzka, uniwersytety Warszawski, Poznański, Wrocławski, Łódzki i Toruński, ITE-CEMI, Centralne Laboratorium Optyki oraz PAN. Od 1964 r. co 2 lata odbywa się w Poznaniu Krajowa Konferencja Radiospektroskopii i Elektroniki Kwantowej.

Do osiągnięć ostatnich lat, oprócz opracowania modeli laserów dla różnych celów, należą: badania podstawowe w zakresie generacji wzmacniania i efektów oddziaływania promieniowania laserowego na materię, badania nad specjalnymi zastosowaniami laserów, nad modulacją światła laserowego i nad stabilizacją pracy laserów. Opracowano również szereg urządzeń pomocniczych, jak zwierciadła, lampy pompujące, rezonatory, zasilacze itp.

W najbliższych latach należy prowadzić w kraju badania w następujących kierunkach:

1. opracowań szeregu podstawowych technologii materiałów, jak monokryształów rubinu, YAG, związków ADP oraz KDP i innych;

2. opracowań technologii podzespołów laserowych i urządzeń pomocniczych,

3. prac wdrożeniowych szeregu laserów o różnych przeznaczeniach;

4. badań podstawowych nad zjawiskami uzyskiwania inwersji obsadzeń i nad nowymi ośrodkami laserującymi;

5. opracowań nowych, ulepszonych laserów zgodnie z trendami światowymi;

6. opracowań urządzeń i układów optoelektronicznych wykorzystujących lasery umożliwiających przetwarzanie i obróbkę wiązki laserowej.

Rozwijanie problematyki laserowej na poziomie aktualnych osiągnięć światowych będzie możliwe przy szerokiej rozbudowie ośrodków współpracujących. Wymagane są również poważne środki na aparaturę, gdyż obecny stan wyposażenia laboratoriów badawczych jest gorzej niż niedostateczny. Wymaga to odpowiednich modyfikacji w opracowanym planie koordynacyjnym problemu węzłowego 06.2.3 przez zwiększenie środków na inwestycje, aparaturę (zwłaszcza dewizowych) i znaczniejsze uwzględnienie badań o charakterze podstawowym.

Szkolenie kadr w wyższych uczelniach odbywa się obecnie na właściwym poziomie, specjalizacje odpowiadające problematyce laserowej prowadzone są w Politechnice Warszawskiej i w WAT. Przedmiot pod nazwą elektronika kwantowa wykładany jest również w Politechnice Wrocławskiej i Uniwersytecie Warszawskim.

MIKROFALOWA ELEKTRONIKA CIAŁA STAŁEGO

Mikrofalowa elektronika ciała stałego (MECS) jest to dziedzina wiedzy zajmująca się badaniami ciała stałego w zakresie mikrofal i zastosowaniem tych badań

w technice w postaci elementów i układów z nich zbudowanych. Tematyka MECS stanowi część techniki mikrofalowej, jest jednak wyodrębniona, gdyż decyduje ona o jakości i nowoczesności sprzętu mikrofalowego oraz stanowi podstawę modernizacji urządzeń w tym zakresie częstotliwości.

Efektom zastosowania techniki MECS są elementy i układy mikrofalowe odznaczające się lepszą jakością, większą miniaturyzacją, lepszą niezawodnością, dłuższym czasem życia i mniejszym poborem mocy niż klasyczne elementy próżniowe i układy koncentryczne lub falowodowe. Takie nowoczesne układy znajdują zastosowanie w pierwszym rzędzie w urządzeniach dla celów specjalnych, jak radiolokacja, radiokomunikacja (głównie dla celów wojskowych i satelitarnych) i radioastronomia, gdzie decydujące są niezawodność i parametry elektryczne, a nie cena. W miarę opanowywania technologii wytwarzania układów MECS i zwiększania liczby produkowanych elementów i układów koszty maleją i technika ta znajduje zastosowanie w radiokomunikacji profesjonalnej i powszechnego użytku, w kontroli ruchu, telemetrii, miernictwie wielkości nieelektrycznych, gospodarstwie domowym, zabawkach itp. Prostota konstrukcji i możliwość masowego wytwarzania wskazują na perspektywy znacznego obniżenia ceny układów MECS i możliwości powszechnego jej stosowania.

Rozwój MECS rozpoczął się na świecie kilkanaście lat temu i obecnie nadal znajduje się ona w stanie dynamicznego rozwoju. Przewiduje się, że nakłady w USA związane z nowoczesną techniką mikrofalową ulegną potrojeniu w ciągu najbliższych 8 lat. W Polsce prace nad tym problemem rozpoczęły się około 5 lat temu i w pierwszym okresie opóźnienie nasze nie było tak znaczne. W niektórych dziedzinach, np. w elementach ferrytowych i parametrycznych wzmacniaczach waraktorowych, nasze osiągnięcia w latach sześćdziesiątych były bliskie czołowych osiągnięć światowych.

Podstawowym warunkiem właściwego rozwoju mikrofalowej elektroniki ciała stałego jest istnienie produkcji elementów mikrofalowych dostosowanych do tej techniki, głównie półprzewodnikowych, magnetycznych i dielektrycznych. Przedstawmy światowe osiągnięcia produkcyjne w tej dziedzinie.

1. Diody mikrofalowe mieszające i detekcyjne pracują do częstotliwości setek GHz, przy tym diody Schottky'ego odznaczają się najmniejszym współczynnikiem szumów. Realizowane obecnie mieszacze w zakresie dziesiątków GHz mają szумы w zakresie 4–5 dB i straty przemiany w okolicy 5–6 dB.

2. Diody przełączające p-i-n przełączają moce szczytowe do 100 kW, średnie do 100 W, przy stratach w zakresie 0,5–1 dB i czasach przełączania w zakresie 1 ns.

3. Diody waraktorowe, krzemowe i GaAs za złączami p-n lub Schottky'ego muszą być stosowane we wzmacniaczach parametrycznych do setek GHz. Uzyskuje się moce w zakresie mW i temperatury szumów przy chłodzeniu ciekłym helem w zakresie kilkunastu °K.

4. Diody generacyjne Gunna i lawinowo stosowane są do pasma X i K; uzyskuje się moce ciągle w zakresie watów przy sprawności kilkunastu procent.

5. Tranzystory mikrofalowe pracują do częstotliwości 6–8 GHz, dając moce w zakresie kilku W lub szумы w zakresie 5 dB.

6. Elementy ferrytowe, jak cyrkulatory i izolatory, pracują w zakresie częstotliwości do 100 GHz, przenosząc moce impulsowe do kilku MW.

7. Masery ciała stałego odznaczają się temperaturą szumów w zakresie kilku °K, gdy pracują chłodzone w ciekłym helu. Stosowane mogą być w całym zakresie częstotliwości mikrofalowych.

8. Mikrofalowe układy scalone wykonywane są obecnie w wersji hybrydowej

na podłożach ceramicznych, szafirowych lub ferromagnetycznych. Stosuje się przy ich realizacji technikę linii paskowych, uzyskując wzrost niezawodności i daleko posuniętą miniaturyzację sprzętu mikrofalowego.

Rozwój prac badawczych w dziedzinie mikrofalowej elektroniki ciała stałego dąży obecnie na świecie w następujących kierunkach:

1. zwiększenia zakresu częstotliwości i mocy znanych elementów mikrofalowych przez ulepszanie technologii, stosowanie nowych konstrukcji, nowych obudów i nowych materiałów;

2. zmniejszenia poziomów szumów przez stosowanie ulepszonych technologii i materiałów;

3. realizacji nowych elementów mikrofalowych o korzystnych właściwościach częstotliwościowych, mocowych lub szumowych;

4. rozwoju mikrofalowych układów scalonych przez ulepszanie podłoża, realizację elementów kompatybilnych z techniką scaloną i badania nad monolitycznymi układami scalonymi;

5. rozwoju badań w dziedzinie układów mikrofalowych polegających na opracowywaniu nowych topologii i maszynowych metod projektowania.

W Polsce intensywne prace w dziedzinie mikrofalowej elektroniki ciała stałego prowadzone są od 1967 r. Dwie konferencje MECS w Zakopanem w latach 1968 i 1971 dały przegląd krajowego dorobku w tej dziedzinie; opóźnienie krajowe sięga obecnie około 10 lat i wynika z braku półprzewodnikowych elementów mikrofalowych produkowanych przemysłowo i z braku nowoczesnej aparatury technologicznej i pomiarowej.

Prace w dziedzinie MECS umieszczone są w problemie węzłowym 06.2.2, koordynowanym przez ITE-CEMI i OBREP. W dziedzinie tej pracują również Instytut Fizyki PAN, Politechnika Warszawska, Gdańska i Wrocławska, WAT, Dolam oraz T-1. Koordynującą rolę w tej dziedzinie ma również Zespół Roboczy Mikrofalowej Elektroniki Ciała Stałego przy Komitecie Elektroniki i Telekomunikacji PAN. Wydaje się, że rozbieżność badań w dziedzinie MECS na liczne nie związane ze sobą instytucje nie zapewnia właściwych warunków realizacji tego problemu, jeśli nie ustalą się ścisłego rozdziału tematyki i nie zapewnią odpowiednich środków.

Obecnie osiągnięcia krajowe obejmują opracowanie technologii waraktorów, diod Schottky'ego i lawinowych oraz układów scalonych, jednak nie uporządkowane zagadnienia kompetencyjne doprowadziły do zastoju w tej dziedzinie. Dopiero ostatnie posunięcia organizacyjne zarysowały wizję jej rozwoju.

Krajowy program badań w dziedzinie MECS powinien objąć następujące zagadnienia:

1. prowadzenie badań podstawowych w dziedzinie mikrofalowych własności półprzewodników, dielektryków i magnetyków;

2. opracowanie metod projektowania (również maszynowego) i realizacji mikrofalowych układów scalonych opierając się na elementach importowanych według list preferencyjnych;

3. opracowanie i przygotowanie do wdrożenia elementów mikrofalowych według listy preferencyjnej;

4. opracowanie urządzeń technologicznych i pomiarowych dla celów MECS;

5. prace nad monolitycznymi mikrofalowymi układami scalonymi.

Program ten wymaga w szczególności nakładów dewizowych na aparaturę i w pierwszym okresie na import elementów. Konieczne jest też stworzenie specjalizacji MECS w nowych programach wydziałów elektroniki politechnik.

Elementy piezoelektryczne, wykorzystujące zjawisko przemiany energii elektrycznej w mechaniczną i mechanicznej w elektryczną, znane są już od kilkudziesięciu lat. Podstawowym zakresem ich zastosowań są przetworniki akustyczne i ultradźwiękowe oraz stabilizacja i selekcja częstotliwości. Zastosowania te są bardzo istotne dla przemysłu elektronicznego i telekomunikacyjnego i dlatego nieprzerwanie prowadzone są na świecie prace naukowo-badawcze mające na celu polepszenie jakości tych elementów i rozszerzenie zakresu ich działania.

Jakość produkowanych obecnie na świecie elementów piezoelektrycznych jest wyższa niż produkowanych w kraju i nasze badania powinny iść w kierunku dorównania parametrom zagranicznym. Rozwój prac badawczych w dziedzinie piezoelektryków dąży obecnie na świecie w następujących kierunkach:

1. badań nowych materiałów piezoelektrycznych zapewniających lepsze właściwości konstruowanych przyrządów;
2. opracowań przyrządów zapewniających większą stałość, moc, wytrzymałość elektryczną i mechaniczną i niezawodność;
3. opracowań nowych metod pomiarowych materiałów i elementów.

W Polsce prace nad materiałami i podzespołami piezoelektrycznymi rozpoczęto w 1946 r. w Państwowym Instytucie Telekomunikacji. Obecnie wytwarzane są w kraju podstawowe materiały piezoelektryczne oraz ferroelektryczne i wykonywane podzespoły w następujących placówkach: Zakładach Ceramiki Radiowej, ITE-CEMI, Instytucie Tele- i Radiotechnicznym, Politechnice Warszawskiej, IPPT PAN oraz WAT. Jednakże jakość tych podzespołów nie jest na najwyższym poziomie i w związku z tym prace naukowo-badawcze w tej dziedzinie powinny objąć następujące zagadnienia:

1. podniesienie stabilności rezonatorów piezoelektrycznych;
2. opracowanie teorii i technologii szerokiego wachlarza filtrów monolitycznych na fale objętościowe i powierzchniowe przy wykorzystaniu dostępnych w kraju materiałów piezoelektrycznych;
3. opracowanie przetworników elektroakustycznych o dużej sprawności i dużej mocy na jednostkę objętości.

Badania nad piezoelektrykami w kraju są rozproszone, rozproszona jest również aparatura technologiczna i pomiarowa. Należy skoordynować prace w tej dziedzinie, stworzyć laboratoria środowiskowe mające pełne i nowoczesne wyposażenie oraz dbać o stałe szkolenie i wymianę doświadczeń w kadrze pracującej nad tym zagadnieniem.

Akustyka mikrofalowa zajmuje się zjawiskami akustycznymi w ciałach stałych oraz ich wykorzystaniem w technice. Początek tej dziedzinie elektroniki dał efekt wzmocnienia fal akustycznych w kryształach półprzewodnikowych wykryty przez White'a w 1962 r. Jest to więc dziedzina młoda i rozwijająca się, pewne jej opracowania mają już zastosowania praktyczne w urządzeniach telekomunikacji. Zastosowanie elementów akustyki mikrofalowej możliwe jest w maszynach matematycznych jako pamięci o wielkiej liczbie bitów, jako układy splotowo-korelacyjne, dyskryminatory oraz przy obróbce sygnałów, jako linie opóźniające zwykłe i dyspersyjne i filtry różnego rodzaju. W połączeniu z techniką mikroelektryczną możliwe jest uzyskanie bloków funkcjonalnych o wielkiej niezawodności i miniaturyzacji wynikającej z faktu, że długość fali akustycznej jest 10^5 razy mniejsza od elektromagnetycznej o tej samej częstotliwości. Prowadzi to do możliwości stosowania techniki mikrofalowej dla częstotliwości znacznie niższych od mikrofalowych lub

uzyskanie mikronowych rozmiarów elementów w zakresie częstotliwości mikrofalowych.

Głównym kierunkiem dynamicznego rozwoju akustyki mikrofalowej na świecie są w ostatnich latach fale powierzchniowe. Rozwój prac badawczych w tej dziedzinie dąży obecnie na świecie w następujących kierunkach:

1. teorii fal i układów akustycznych;
2. nowych materiałów i technologii układów akustyki mikrofalowej;
3. teorii i badań oddziaływań akusto-elektrono-optyczno-spinowych;
4. akustyki nieliniowej;
5. zastosowań praktycznej akustyki mikrofalowej.

W Polsce prace nad akustyką mikrofalową rozpoczęły się już na początku jej istnienia na świecie, głównie w WAT. Pierwsze prace prowadzono na monokryształach CdSe i CdS. Obecnie nadal główne prace w tej dziedzinie prowadzone są w WAT i obejmują badania nowych materiałów, podstawowe badania teoretyczne, badania eksperymentalne i aplikacyjne. Filtry i linie opóźniające są w przygotowaniu do wdrożenia produkcyjnego. Nad zagadnieniami tymi pracuje również IPPT PAN oraz ITE-CEMI, pewne prace prowadzone są też w ITR, na politechnikach Warszawskiej i Gliwickiej.

Główne kierunki perspektywnego rozwoju akustyki mikrofalowej w Polsce powinny objąć zakres częstotliwości od kilku do kilkuset MHz i być prowadzone w następujących tematach, do których należy:

1. teoria fal i układów akustycznych;
2. opracowanie technologii materiałów takich jak $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$, LiNbO_3 , LiTaO_3 i ceramiki piezoelektrycznej;
3. opracowanie technologii wytwarzania przyrządów akustyki mikrofalowej;
4. badania teoretyczne i eksperymentalne fal powierzchniowych, ich pomiarów, wzmacniania i formowania;
5. opracowanie i wdrożenie do produkcji elementów akustyki mikrofalowej;
6. scalone układy akustyki mikrofalowej.

W dalszym etapie należy rozpocząć badania nad układami akustyki mikrofalowej w zakresie częstotliwości powyżej 1 GHz.

Liczba ośrodków badawczych w kraju jest wystarczająca dla podjęcia tej tematyki. Nie jest również konieczne tworzenie nowego kierunku studiów na uczelniach. Ważna jest natomiast właściwa koordynacja prac placówek pracujących nad tym zagadnieniem, co umożliwi koncentrację wysiłków. Zatwierdzone nakłady finansowe na te cele na lata 1971–1975 wydają się za małe.

LAMPY ELEKTRONOWE

Lampy elektronowe są dziedziną elektroniki mającą już kilkudziesięcioletnią historię. Okres ich najszybszego rozwoju datuje się na lata trzydzieste w zakresie lamp na zakres częstotliwości małych i radiofonicznych, a na lata II wojny światowej w zakresie lamp mikrofalowych. Rozwój elementów półprzewodnikowych spowodował w ostatnich latach znaczne zmniejszenie produkcji lamp elektronowych, gdyż tam gdzie element półprzewodnikowy może zastąpić lampę, góruje on nad nią niezawodnością, miniaturyzacją, ceną, czasem życia i sprawnością energetyczną.

Zakres zastosowań lamp elektronowych został obecnie ograniczony do: 1. lamp o mocy powyżej kilkuset W dla częstotliwości do 1 GHz; 2. lamp o mocy powyżej kilkudziesięciu lub kilku W dla częstotliwości mikrofalowej; 3. lampowych przetworników elektronoptycznych (kineskopów, lamp analizujących, obrazowych

i pamięciowych). W tych dziedzinach lampy nie mogą być, jak dotąd, zastąpione przez elementy półprzewodnikowe ze względu na własności fizyczne przepływu nośników elektryczności przez ciało stałe.

W dziedzinie produkcji nowoczesnych lamp elektronowych przodują obecnie takie kraje, jak USA, ZSRR, Francja, Anglia, NRF i Holandia. Badania skoncentrowane są w kierunkach optyki elektronowej i wiązek elektronowych, lamp mikrofalowych oraz przetworników elektrooptycznych, przy tym przy opracowaniu tych zagadnień coraz szerzej stosuje się pomoc maszyn matematycznych. Szczególne osiągnięcia odnotowano w dziedzinie lamp mikrofalowych. Wymienić wśród nich należy nowe lampy typu M z katodami o emisji wtórej i z falą postępującą, magnetrony o szybkim programowanym przestrajaniu i o stabilności międzyimpulsowej w zakresie 10^{-6} , różne rodzaje lamp typu 0, wreszcie nowe opracowania w dziedzinie elementów lamp, jak katody cermetowe ze związkami ziem rzadkich, nowe koncepcje ogniskowania wiązek, chłodzenie igłowe itp.

Rozwój prac badawczych w dziedzinie lamp elektronowych dąży obecnie na świecie w następujących kierunkach:

1. wykorzystania elementów techniki półprzewodnikowej w lampach elektronowych;
2. ulepszania parametrów lamp mikrofalowych, takich jak magnetrony, lampy typu M, klistrony, lampy o fali bieżącej i karcinotrony przez zwiększanie mocy jednostkowej, sprawności, liniowości, stabilności, możliwości przestrajania, tłumienia promieniowania na częstotliwościach niepożądanych i zmniejszania szumów;
3. badań podstawowych nad oddziaływaniami pól elektrycznych i magnetycznych na wiązki elektronowe.

W Polsce badania w dziedzinie lamp elektronowych prowadzi OBREP (w Warszawie i Wrocławiu), Politechnika Warszawska, Wrocławska i Gdańska, WAT, Zakłady im. Róży Luksemburg, Zakłady Lamina, Zelos oraz Dołom. Wyniki prac referowane były na dwóch Krajowych Naradach Elektroniki w latach 1958 i 1962. Prace badawcze prowadzone są w następujących dziedzinach: katody, optyka elektronowa, gazy szczątkowe w lampach, miernictwo lamp oraz technologia i konstrukcja, głównie lamp obrazowych, gazowych i specjalnych. W zakresie lamp mikrofalowych prowadzono prace nad magnetronami, amplitronami impulsowymi, lampami z falą bieżącą i triodami mikrofalowymi.

Przeważającą większość wymienionych prac była celowa i pożyteczna. Doprowadziła ona do produkcji szeregu typów lamp, przygotowała kadre o dużym doświadczeniu w dziedzinie teorii działania, metod projektowania i pomiarów lamp elektronowych. Liczne prace miały jednak charakter przyczynkowy i mimo że pochłonęły duże nakłady finansowe, nie przyniosły spodziewanych efektów produkcyjnych. Ogólnie można stwierdzić, że znajdujemy się w tej dziedzinie w średniej klasie światowej, w krajach socjalistycznych wyprzedza nas zdecydowanie ZSRR i w niektórych działach Czechosłowacja.

W ciągu najbliższych lat badania nad lampami elektronowymi w Polsce powinny objąć następujące zagadnienia:

1. lampy nadawcze o mocy powyżej kilkuset W;
2. przetworniki elektrono-optyczne;
3. lampy mikrofalowe dużej mocy;
4. nowoczesne metody projektowania z wykorzystaniem komputerów;
5. rozwój automatyki przy produkcji lamp elektronowych.

W celu efektywnego prowadzenia tych prac należy zrealizować właściwą koordynację wysiłków instytucji współpracujących i wprowadzić do programów nauczania na wydziałach elektroniki nowoczesne problemy z zakresu lamp elektronowych.

Przez aparaturę technologiczną rozumie się zarówno urządzenia do przeprowadzania określonych procesów technologicznych w przemyśle, jak i urządzenia do prac naukowo-badawczych oraz aparaturę pomiarowo-kontrolną. Tylko wysoko wyspecjalizowana aparatura umożliwia realizację produkcji o wielkiej wydajności oraz zaawansowane badania naukowe, co jest charakterystyczne dla rewolucji naukowo-technicznej. Dlatego rewolucji tej towarzyszy wyższa niż kiedykolwiek stopa inwestycji.

Polski przemysł elektroniczny jest szczególnie ubogi w nowoczesną aparaturę technologiczną. Chcąc mieć pełny asortyment takiej aparatury, nie wystarczy import, należy rozwijać jej produkcję w kraju. Do tego potrzebni są w pierwszym rzędzie fachowcy, poza tym powierzchnie produkcyjne, materiały i obrabiarki. Warunki te nie są obecnie w kraju spełnione.

Realizując program rozbudowy bazy technologicznej w Polsce należy zakupić licencje na tę aparaturę, która starzeje się stosunkowo wolno i nie prowadzi w tej dziedzinie prac naukowo-badawczych, natomiast w dziedzinach dynamicznie rozwijających się należy wychować własnych technologów i prowadzić intensywne prace naukowo-badawcze, które pozwolą nam utrzymać się w czołówce. Wymaga to przebudowania studiów technologicznych na uczelniach, zmian organizacyjnych oraz prężnej i fachowej koordynacji.

W dziedzinie aparatury technologicznej właściwie rozwijane w kraju były urządzenia techniki wysokiej próżni i wiązki elektronowej. Od badań naukowych w instytucie i uczelni poprzez prototypy opracowane w zakładach doświadczalnych osiągnięto produkcję przemysłową urządzeń, zmniejszając znacznie dystans dzielący nas od krajów wysoko uprzemysłowionych.

Nie można ująć szczegółowo i merytorycznie zagadnień badań nad aparaturą technologiczną. Koordynatorzy każdej dziedziny elektroniki muszą mieć doskonałe rozeznanie w potrzebach, możliwościach i stanie światowym koniecznej aparatury. Te informacje powinny być podstawą do planowania produkcji w skali krajowej.