

Halbleiter für die Starkstromtechnik aus eigener Produktion

Genosse Dr.-Ing. habil. Rudolf Lappe
Kandidat des ZK der SED

Wir alle wissen, wie schnell sich die Halbleiter in der Schwachstromtechnik durchgesetzt haben - wir verdanken ihnen die kleinen Transistorradios, schnelle zuverlässige Rechenmaschinen, die Sonnenbatterien der Sputniks, die automatische Kamera „Prakti“ und vieles mehr. Weniger bekannt ist wohl, daß die Halbleiter auch in die Starkstromtechnik eingedrungen sind, und dort ebenfalls eine große Umwälzung hervorgerufen.

Die wichtigste Anwendung der Halbleiter in der Starkstromtechnik ist die als

Gleichrichter

um Wechselstrom in Gleichstrom umzuwandeln. Man kann nämlich in den zur Zeit üblichen großen Kraftwerken nur Wechselstrom, und nicht Gleichstrom erzeugen. Andererseits aber wird in modernen Industrielandern, also auch in der DDR, etwa bis ein Drittel der erzeugten elektrischen Energie in Form von Gleichstrom verbraucht. Deshalb spielt die Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom eine wichtige Rolle.

Wechselstrom wird in Gleichstrom umgeformt, wenn in den Stromkreis ein Ventil eingefügt wird, welches den Strom in der einen Richtung ungehindert fließen läßt, in der anderen Richtung aber sperrt. Diese Eigenschaft besitzt der Lichtbogen zwischen Graphit und Quecksilber, der deshalb schon seit Jahrzehnten im Quecksilberdampf-Gleichrichter technisch angewandt wird. Bei den üblichen Spannungen geht aber dabei mindestens 3 Prozent der umzuwandelnden Energie verloren. Man kann aber auch einen Halbleiter als Ventil verwenden - wenn man nämlich einen Scheibchen von der Größe einer Münze eines hochreinen Siliziumkristalls (mit höchstens einem Teil Verunreinigungen in je einer Million Teilen Silizium) geringste Mengen Aluminium und Antimon beimischt. Solch ein Gleichrichter ist

ungewöhnlich klein und zuverlässig

Seine Verluste betragen höchstens 1 Prozent. Deshalb kann die DDR in Zukunft nur Gleichrichter zur Speisung von Elektrolysen verkaufen, wenn diese mit Siliziumventilen bestückt sind. Die große wirtschaftliche Bedeutung dieser Anlagen erkennt man daran, daß damit z. B. ein Gleichstrom von 100 000 A zur Gewinnung von Aluminium erzeugt wird. - Aber auch unsere Ladegeräte, die Geräte zur Speisung von Fernsprechanlagen, von Lichtbogenweißgeräten, Elektronenstrahl-Schmelzöfen, von Plasmaprennen usw. werden nur konkurrenzfähig sein, wenn sie mit Halbleitern ausgestattet sind!

Ebenso ist unsere wichtige Lokomotivindustrie von dieser Entwicklung betroffen. Auf dem Weltmarkt sind heute überwiegend Gleichrichter-Lokomotiven gefragt. Während nämlich bis jetzt der Fahrdrat über Umformwerke mit

Gleichstrom oder Wechselstrom niedriger Frequenz (10/3 Hertz) gespeist wurde, werden seit einigen Jahren große Bahnsysteme - z. B. die Strecke, die von Moskau nach Sibirien führt - direkt vom 50 Hz Landesnetz mit Hochspannung gespeist! Dieser Wechselstrom wird dann auf jeder einzelnen Lokomotive über einen Siliziumgleichrichter in Gleichstrom umgeformt, den die Fahrmotoren benötigen. Eine weitere, wirtschaftlich sehr wichtige Anwendung von Gleichrichtern sind die Anlagen zur Drehzahlregelung großer elektrischer Motoren, z. B. bei Walzwerken und Förderanlagen mit Leistungen von mehreren tausend Kilowatt. Dort wird mit Hilfe von Quecksilberdampfventilen die Netzwechselspannung in Gleichspannung einstellbarer Höhe umgeformt und damit die Drehzahl geregelt. Ein Ersatz der Quecksilberdampfventile durch Halbleiterventile ist auf diesem Anwendungsgebiet noch nicht möglich, weil sich damit die Höhe der abgegebenen Gleichspannung bis jetzt nur bei kleinen Leistungen steuern läßt, und solche steuerbaren Halbleiterventile („Thyristoren“) noch sehr teuer und empfindlich sind.

Damit sind wir an dem Punkte angelangt, wo die weitere Entwicklung einsetzt: In den Laboratorien aller Industrielandern wird daran gearbeitet,

billige und robuste steuerbare Halbleiterbauteile für hohe Leistungen

zu entwickeln. Falls das gelingt, werden nicht nur Antriebsanlagen großer Leistungen damit bestückt werden, sondern es wird auch möglich sein, mit Hilfe dieser Ventile billig und zuverlässig Gleichstrom in Wechselstrom umzuwandeln. Das wird in den kommenden Jahrzehnten wichtig sein. Im Kraftwerk der Zukunft wird durch direkte Umwandlung von Wärme, Kernenergie oder chemischer Energie Gleichstrom erzeugt werden, der zur Übertragung über größere Entfernung in Wechselstrom umgeformt werden muß. Eine ähnliche Anwendung der steuerbaren Halbleiterventile ist die Erzeugung von Wechselstrom variabler Frequenz. Damit wird eine Drehzahlregelung der robusten und billigen Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufern möglich. Dadurch würden die Gleichstrommotoren verdrängt werden. Schließlich wird man auch dazu übergehen, Halbleiterventile als Schalter zu verwenden. Mehrere amerikanische Automobilfabriken haben schon angekündigt, daß sie in naher Zukunft den mechanischen Unterbrecher der Zündeinrichtung durch steuerbare Halbleiter ersetzen werden. Auch an Stelle der Schalter für Beleuchtungsanlagen und der Schütze für Motoren werden verschleißfreie Halbleiterbauelemente treten können.

Halbleiterbauteile aus der DDR

In der DDR hat die Entwicklung der Halbleiterbauteile für die Starkstrom-



Fast die gesamte Belegschaft des Frankfurter Halbleiterwerkes begrüßte die drei Staatsmänner N. S. Chruschtschow, 1. Sekretär des ZK der KPdSU und Vorsitzender des Ministerrats der UdSSR, Josef Cironkiewicz, Mitglied des Politbüros

des ZK der PVAP und Ministerpräsident der Volksrepublik Polen, und Walter Ulbricht, 1. Sekretär des ZK der SED und Vorsitzender des Staatsrates der DDR, mit ihrer Begleitung bei ihrem Besuch im Juli 1963. Foto: Zentralbild

technik erst verhältnismäßig spät eingesetzt. Hochreine Siliziumkristalle sind wesentlich schwieriger zu erzeugen, als solche aus Germanium, die die Grundlage der Transistoren bilden. Erst mit dem Aufbau des Instituts für Halbleiterforschung in Stahnsdorf konnten bei der Grundlagenforschung und der Technologie der Starkstromhalbleiter Fortschritte gemacht werden. Als Produktionsstätte ist das Halbleiterwerk in Frankfurt vorgesehen, das 1964 die Produktion einiger Typen ungesteuerter Halbleiterventile für die Starkstromtechnik aufnehmen wird. Damit die dafür notwendigen Produktionsmittel schnell erzeugt werden, ist das Dresdner Werk für Sondermaschinen der Elektrotechnik speziell als Zulieferbetrieb für die Halbleiterindustrie orientiert worden.

Unsere Industrie fordert mehr Typen, als in der DDR wirtschaftlich hergestellt werden können. Deshalb ist für uns von großer Bedeutung, daß das Institut für Elektronik, welches die RGW-Länder im kommenden Jahre gründen, die Arbeit der sozialistischen Länder auch auf diesem Gebiete koordinieren wird.

Halbleiterbauelemente in der Schwachstromtechnik

Die Halbleiterbauelemente haben in den letzten zehn Jahren sehr vielseitige Anwendung in schwachstromtechnischen Geräten, in der Meßtechnik, in der elektronischen Rechenarbeit, in der Industrieelektronik gefunden. Es gab zwar vorher schon Halbleiterbauelemente wie zum Beispiel Kristalldetektoren (Detektorempfänger), Kupferoxydul- und Selenlichter, temperaturabhängige Widerstände, Selenfotoelemente (Beleuchtungsmesser). Jedoch konnte lange Zeit deren Funktion nicht exakt erklärt werden, und auf Grund der technologischen Unsicherheiten wurde dieses Gebiet der Physik der „Dreckeffekte“ gerechnet. Großen Auftrieb bekam dieser Zweig der Wissenschaft im letzten Jahre, als man erkannte, daß Germanium- und Siliziumkristalle an Stelle polykristalliner Stoffe zuverlässigere und bessere Bauelemente ermöglichen. Die entscheidende Wendung trat ein, als 1948 das lang ersehnte Ziel erreicht wurde, einen elektrischen Strom in einem Festkörper zu steuern, wie es seit 50 Jahren in der Vakuumröhre möglich ist. Der Steuermechanismus barg die Möglichkeit einer Verstärkung der steuernden Größe in sich, so daß nunmehr sogenannte aktive Halbleiterbauelemente in den Mittelpunkt des Interesses rückten:

die Transistoren.

Es sind noch viele Probleme vor allem technologischer Art zu lösen. Es zeigte sich aber schon im Anfangsstadium dieser Entwicklung, daß sich hier ein neuer, die zukünftige Entwicklung der Bauelemente und Geräte der Nachrichtentechnik stark beeinflussender Industriezweig entwickelte, der von allen hochentwickelten Industriestaaten aufgegriffen werden muß. Er benötigt aber auch einen großen Stab von Wissenschaftlern (Physiker, Chemiker, Mathematiker und Elektrotechniker), die sich das neue, bisher wenig erforschte Gebiet erarbeiten müssen. Es werden hohe Investitionen erforderlich, da die sehr diffizilen Fertigungsprozesse besondere Gebäude und Räume (staubfrei, klimatisiert) und aufwendige Anlagen voraussetzen.

Das Ausgangsmaterial derartiger Bauelemente ist ein Grundstoff von einem Reinheitsgrad, wie er bisher noch nicht gefordert oder erreicht wurde. Während in einem metallischen Leiter etwa ebenso viele freie Elektronen für den elektrischen Strom zur Verfügung stehen, wie Atome vorhanden sind, sind es im Verhältnis dazu bei einem absolut reinen Halbleiter sehr wenige; zum Beispiel beim eigenleitenden Germanium kommt auf etwa eine Milliarde Atome nur ein freier Ladungsträger (trotzdem sind dann immer noch etwa eine Billion solcher Ladungsträger je Kubikzentimeter vorhanden!). Diese Ladungsträgerzahl erhöht sich außerordentlich stark mit der Temperatur, was einerseits ausgenutzt werden kann (temperaturabhängige Widerstände, Temperaturlöser usw.), andererseits jedoch für andere Bauelemente einen empfindlichen Nachteil darstellt, der unter Umständen nur mit erheblichem Aufwand in der Schaltung behoben werden kann. Die Herstellung derartiger Halbleitermaterialien in „Reinkultur“ ist mit rein chemischen Methoden allein nicht möglich, man wendet letzten Endes physikalische Reinigungsverfahren an. Anschließend

wird nun das Material in gezielter Weise wieder „verunreinigt“, soweit man von Verunreinigungen sprechen kann, wenn auf eine Million Germaniumatome etwa ein Verunreinigungsatom kommen darf. Selbst bei dieser ganz geringfügigen Beimischung bestimmter Stoffe wird die Leitfähigkeit des Grundmaterials Germanium etwa 500mal größer als im Reinzustand (bei Silizium ist dieser Faktor sogar eine Million)! Um die technologischen Probleme näher zu charakterisieren, sei erwähnt, daß man zur Herstellung eines Transistors in einem aus einem Einkristall herausgeschnittenen Germaniumplättchen (Fläche einige Quadratmillimeter, Dicke: Bruchteile eines Millimeters) drei Leitfähigkeitszonen einbauen muß, deren mittlere nur einige tausendstel Millimeter dick

Professor Dr.-Ing. habil. Klaus Lunze

sein darf. Es wurden viele Methoden erdacht und angewendet, um diese Zonenfolge herzustellen. Diese Methoden hatten zum Teil auch wesentliche Verbesserungen der Bauelemente zur Folge. Man darf jedoch nicht unerwähnt lassen, daß viele Teilprobleme noch nicht gelöst sind und daß die notwendigen Anforderungen der Praxis auch geringfügige Instabilitäten verbieten.

Hinsichtlich der Anwendung der Bauelemente

Es seien nur einige charakteristische Beispiele genannt. Der Einsatz der Transistoren als Verstärker in den kleinsten Rundfunkempfängern (Sterschen, T 100 usw.) und in den Schwerhörigengeräten (Punkwerk Kolléda) dürfte allen bekannt sein. Der Vorteil der Halbleiterbauelemente tritt hier besonders zutage: Die Kleinheit und der geringe Batterieverbrauch auf Grund der niedrigen Spannungen und der kleinen Verlustleistungen. Diese beiden charakteristischen Merkmale ermöglichen aber auch bei großen elektronischen Anlagen neuartige Konstruktionen; denn auf Grund des kleineren Volumens und der geringeren Erwärmung kann man die vielen Bauelemente mit wesentlich kleineren Abständen zusammenschalten. So erreicht man mit der sogenannten Mikromodulteknik eine Bauelementdichte von fünf bis acht Bauelementen je Kubikzentimeter, was etwa um den Faktor 10 größer ist, als bei Verwendung herkömmlicher Bauelemente. Hier wird jedoch ein wesentlicher Gesichtspunkt berührt: Die Kleinheit der Transistoren kann nicht voll zur Geltung kommen, wenn nicht die anderen Bauelemente dieser Entwicklung folgen. Während früher die Elektronenröhre auf Grund der Wärmestrahlung (Heizung) und der Größe oft den Umfang eines elektronischen Gerätes bestimmte, sind es in den Transistorschaltungen gerade die anderen Bauelemente, an deren Hersteller nunmehr neue Forderungen gestellt werden.

Ein umfangreiches Anwendungsgebiet eröffnet sich für den Transistor als Schalter. In der digitalen Steuerungstechnik zum Beispiel wurden hauptsächlich Kontaktbauelemente (Relais) verwendet, die zwei beachtliche Nachteile haben: Kontaktverschleiß und ge-

Die Zukunft hat das Wort

Wissenschaftler in Radio DDR

In der Sendereihe „Die Technik und wir“ behandelten im vergangenen Jahre 24 Wissenschaftler der TU Themen verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen in populärer Form.

Die Thematik umfaßte vorwiegend Fragen der Verbindung von Ökonomie und Technik sowie mathematische Probleme und gab Anregungen zur schöpferischen Ingenieurarbeit in der sozialistischen Praxis.

Vortragende waren Magnifizenz Professor Schwabe sowie die Professoren Albring, Bürgermeister, Herforth, Lange, Lichtenheldt, Peschel, Vogel und andere Wissenschaftler unserer Universität.

Sonntagsvortrag

Unser erster Sonntagsvortrag im neuen Jahr findet am 5. Januar 1964, 10 Uhr, im Großen Chemie-Hörsaal, Fritz-Poerster-Bau, statt. Es spricht Genosse Professor Dr. rer. nat. habil. Hans-Albert Lehmann, Direktor des Instituts für Anorganische und anorganisch-technische Chemie über

„Energie aus chemischen Reaktionen“ mit Experimenten. Der Eintritt ist frei.

Für ein einheitliches, staatlich gelenktes System der Weiterbildung

Ende November fand in Dresden eine nationale Tagung zu Fragen der Weiterbildung des wissenschaftlich-technischen und ökonomischen Personals statt. Veranstalter waren die Kammer der Technik, das Staatssekretariat für das Hoch- und Fachschulwesen und die Gewerkschaft Wissenschaft.

Die Konferenz verfolgte das Ziel, einen von der Zentralen Arbeitsgemeinschaft „Ingenieurwesen“ beim Präsidium der Kammer der Technik vorgelegten Entwurf einer Empfehlung zum Aufbau eines einheitlichen, staatlich gelenkten Systems der Weiterbildung für technisch-ökonomische Fachkräfte in der DDR unter besonderer Berücksichtigung der Mitwirkung der Kammer der Technik zu beraten. Des weiteren sollten alle Beteiligten einen Überblick über Inhalt, Formen und Methoden der Weiterbildung technischer Kader in den einzelnen Ländern erhalten.

Gastdelegierte waren aus der VR Polen, Ungarn, der CSSR, der Sozialistischen Föderativen Republik Jugoslawien sowie der VR Rumänien und Bulgarien entsandt worden.

Im Mittelpunkt der Tagung standen die im Referat dargelegten Probleme über „Die Weiterbildung der ingenieurtechnischen Kader - ein wichtiger Beitrag zur Durchsetzung des wissenschaftlich-technischen Höchststandes beim umfassenden Aufbau des Sozialismus“ (Prof. Dr. Geist - Ilnenau) sowie die Diskussion in den Sektionen für Weiterbildung an Universitäten und Hochschulen, den Fachschulen, durch Institutionen der Wirtschafts- und Industriezweige sowie durch gesellschaftliche Organisationen.

Die ausländischen Delegierten gaben wertvolle Beiträge zur Konferenzthematik. Es wurden Vorträge

gehalten, die sich mit folgenden Fragen beschäftigten:

Prof. Dr.-Ing. Tymowski (Warschau) sprach über die polnischen Erfahrungen zum einheitlichen System der Weiterbildung technischer Kader. Ingenieur Wimmer (Prag) charakterisierte den Beitrag der CSVTs (der wissenschaftlich-technischen Gesellschaft der CSSR) bei der Weiterbildung. Der Beitrag des ungarischen Professors Dr.-Ing. Rados (Budapest) beleuchtete besonders die Weiterbildung des wissenschaftlichen Personals. Wichtige Vorträge hielten ferner Dipl.-Ing. Theodoru (Bukarest) und Dipl.-Ing. Danek (Prag). Hier wurden unter anderem die Strukturänderungen und die Qualifikation der Arbeitskräfte berücksichtigt. Der Jugoslawische Gast Dipl.-Ing. Nusic (Ljubljana) gab einen Überblick über die Weiterbildung technischer Kader in seinem Lande.

Die Diskussionen in den Sektionen nahmen ihren Ausgangspunkt von der vorliegenden Empfehlung über die Struktur und Formen der staatlichen Weiterbildungsmaßnahmen sowie über die Struktur und Formen der Weiterbildungsmaßnahmen der Kammer der Technik.

Dabei herrschte in allen Sektionen Einmütigkeit, daß die Vielfalt der bisherigen Weiterbildungsmaßnahmen der verschiedenen staatlichen Institutionen und gesellschaftlichen Organisationen zu koordinieren sind und mit der weiteren Verbesserung der Ausbildung für Weiterbildung und der Erfahrungsaustausch der technisch-ökonomischen Fachkräfte umfassend und systematisch zu organisieren ist. Hierfür ist der Aufbau eines einheitlichen, staatlich gelenkten Systems der Weiter-

bildung für die technisch-ökonomischen Fachkräfte notwendig. Dieses System der Weiterbildung soll ein gleichberechtigter Bestandteil im System der Ausbildung im einheitlichen sozialistischen Bildungs- und Erziehungsplan werden.

Die Beiträge der ausländischen Delegierten und die in der Diskussion erarbeiteten Hinweise gaben wertvolle Ergänzungen zum Entwurf der Empfehlung, die durch die Arbeitsgemeinschaft „Ingenieurwesen“ einzuarbeiten sind, ehe sie vom Präsidium der Kammer der Technik verabschiedet und den zuständigen staatlichen Stellen zugeleitet werden.

Die Kammer der Technik wird das gesamte Konferenzmaterial überarbeiten und veröffentlichen.

Auch diese Dresdner Konferenz zeigte - wie z. B. schon die Zusammenkünfte in Krakau und Moskau - die Notwendigkeit, die Probleme der Aus- und Weiterbildung wissenschaftlich-technischer Kader im Rahmen eines ständigen internationalen Gremiums zu verfolgen und weiterzuentwickeln. Der Konferenz erscheint die Gründung einer Sektion Aus- und Weiterbildung technischer Kader innerhalb des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW) am geeignetsten.

Den Ingenieurverbänden wird empfohlen, die in den einzelnen Ländern begonnene ingenieurpädagogische Forschungsarbeiten zu unterstützen und eine internationale Zusammenarbeit einzuleiten.

In einer Beratung mit den ausländischen Delegierten erklärte die Delegation des CSVTs bereit, die nächste internationale Tagung 1965 zu Fragen des Fernstudiums technischer Kader durchzuführen.

Dr. Straumer, Technischer Berichterstatter der ZAG Ingenieurwesen