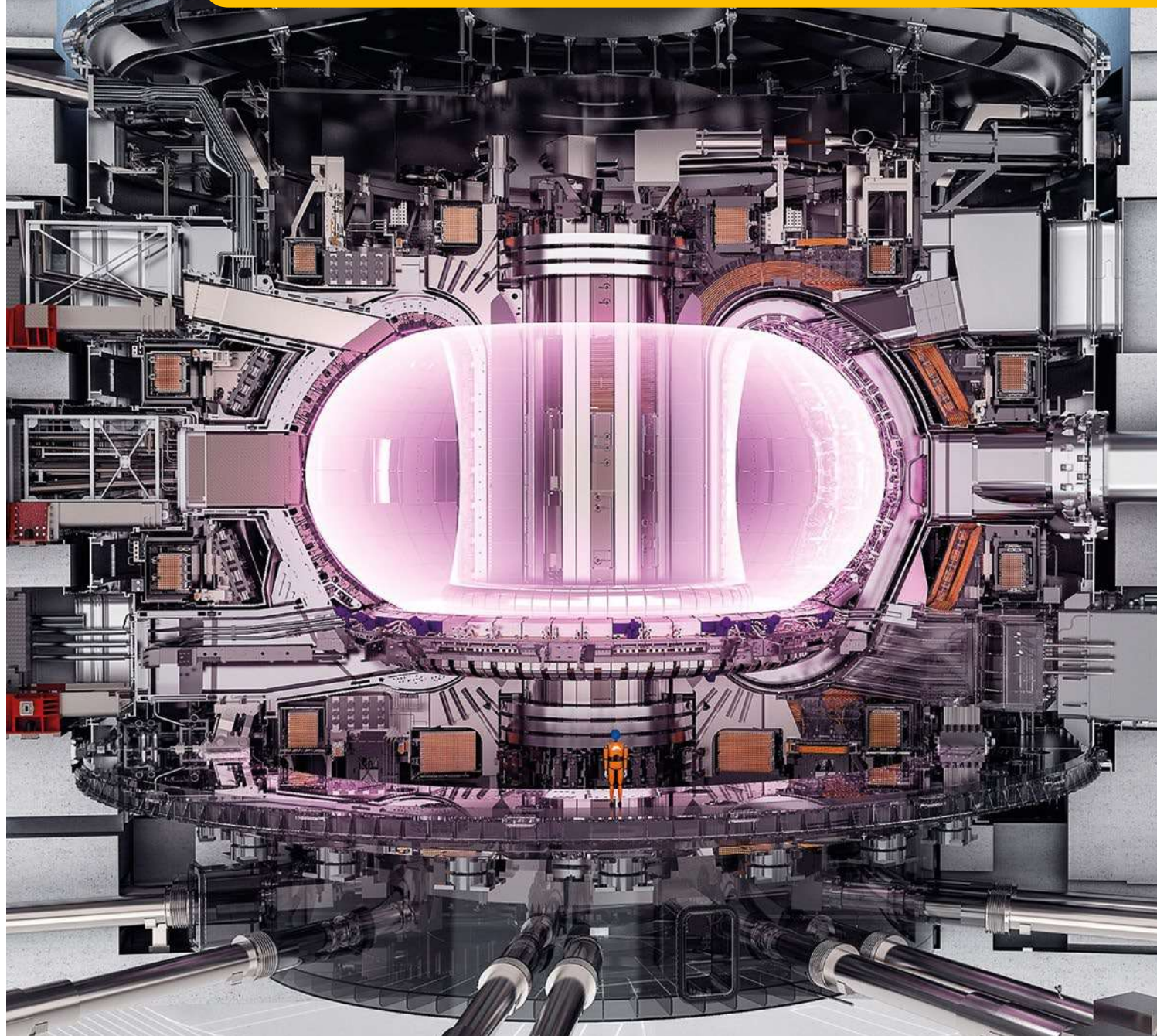


6/2020
SVAZEK 70

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS **PRO FYZIKU**®



- ČERNÁ DÍRA VE STŘEDU MLÉČNÉ DRÁHY • LINEARITA A RELATIVITA •
- UBÍHAJÍCÍ ELEKTRONY V TOKAMACÍCH • GRAVITAČNÍ DATA PRO GEOAPLIKACE •
- PRAVČICKÁ BRÁNA V OBLEŽENÍ VÝZKUMNÍKŮ • FYZIK HELMAR FRANK – DIELO

Čs. čas. fyz.
ccf.fzu.cz

Fyzik Helmar Frank — DIELO NESTORA A PRIEKOPNÍKA FYZIKY, TECHNIKY A TECHNOLOGIE POLOVODIČOV

Rudolf Kinder

Emeritný pracovník Ústavu elektroniky a fotoniky, FEI STU, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava; rudolf.kinder@gmail.com

Článok sa zaoberá vedeckou činnosťou významnej osobnosti Helmara Franka (1919–2015). Bola významná pri zvládnutí výroby prvých polovodičových diód a tranzistorov a ich zavedení do výrobného procesu krátko po vynájdení tranzistora. Významná bola aj jeho vedecko-pedagogická činnosť uplatňovaná na vysokých školách v rámci Československa, neskôr Čiech a Moravy a Slovenska.

Helmar Jozef-Maria Frank sa narodil 10. mája 1919 v Brne. Jeho rodičmi boli Edmund Frank (1889, Mohelnice – 1955, Regensburg) a Elisabeth rod. Jarmerová (1895, Mohelnice – 1981, Regensburg). Pochádzal z rakúskej rodiny. Otec bol stavebným majstrom (živnostník). Pracoval pre rôzne spoločnosti a podľa potreby menil miesto bývania. Matka bola učiteľkou a bola to ona, ktorá podporovala syna v štúdiu. Brat Irmfried sa narodil 30. 9. 1920 v obci Staré Bielsko a zomrel 6. 9. 2006 v Regensburgu. Z Brna sa v roku 1925 rodina presťahovala do Mohelnice na Morave. Základnú nemeckú obecnú školu navštevoval Helmar Frank v rokoch 1925–1930 v Mohelnici. V rokoch 1930–1938 navštevoval Nemecké gymnázium v Olomouci. Predsavzatie, čím by sa chcel v budúcnosti zaoberať, nastalo v jeho pätnástich rokoch, po prečítaní darovanej popularizačnej knihy o fyzike. Rozhodol sa, že sa bude zaoberať fyzikou a bude učiť na vysokej škole. V auguste 1943 sa oženil s Wilmou Reilovou. Mali dve dcéry, Ingeborg a Karin. O živote a diele Helmara Franka sa píše v knihe [1], v kapitole „Helmar Frank a jeho doba“ (tento článok je upravenou a rozšírenou verziou jej časti venovanej jeho dielu) a v článku Fyzik Helmar Frank – život [2], na ktorý náš text nadväzuje.

Vysokoškolské štúdium

Po maturite v roku 1938 bol Helmar Frank prijatý na štúdium matematiky, fyziky a chémie na Prírodovedeckej fakulte Nemeckej univerzity (PFNU) v Prahe. Učili ho významní učitelia. Základy fyziky prednášal doc. Glaser, spolupracovník objaviteľa elektrónového mikroskopu Ernsta Rusku, potom prof. Gudden. Matematiku doc. Varga, po ňom prof. Kowalevski a chémiu prof. Walldschmütz-Leitze [3].

V roku 1940, po uzavretí českých vysokých škôl, sa riaditeľom Fyzikálneho ústavu v ulici Ke Karlovu, kam Frank patrila, stal prof. Dr. Bernhard Gudden z Erlangenu, ktorý dostal príkaz na prevzatie ústavu. Od roku 1926 pôsobil Gudden ako prednosta Fyzikálneho ústa-

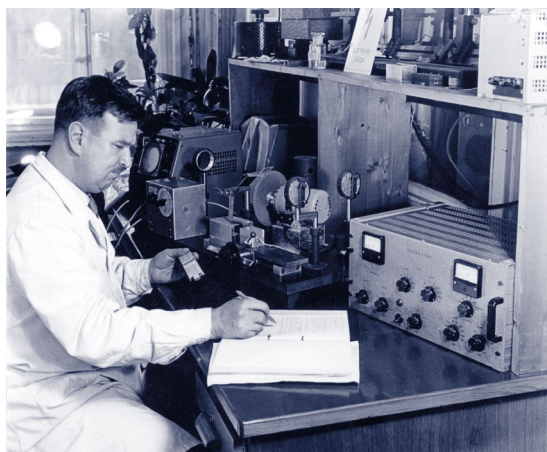


Helmar Jozef-Maria Frank pri oslavách 90. narodenín.

vu v Erlangene. Dosiahol mimoriadne úspechy v pedagogickej činnosti a v riešení výskumných problémov v oblasti fyziky pevných látok. Predtým pracoval v Göttingene a spolu so svojím učiteľom prof. Robertom Wichardom Pohlom objavili Guddenov-Pohlav jav.

Po menovaní prof. Guddena za riaditeľa Fyzikálneho ústavu sa ústav presťahoval do Viničnej ulice č. 7, kde pôsobil v rokoch 1864–1867 fyzik svetového formátu Ernst Mach, a od marca 1911 do júla 1912 ako profesor a riaditeľ Ústavu teoretickej fyziky fenomenálny Albert Einstein. Dodnes je v budove umiestnený reliéf s profilom Alberta Einsteina [1, 2].

Prof. Gudden vybudoval laboratórium pre výskum polovodičov na detekciu infračerveného žiarenia do prístrojov na nočné videnie. Spoločne s Guddenom prišla do Prahy skupina pracovníkov na vybudovanie laboratórií, ktoré bolo dotované cez *Reichsministerium für Rüstung und Kriegsproduktion*. Vo Fyzikálnom ústave bol Helmar Frank zamestnaný ako pomocná vedecká sila od roku 1940 do roku 1942. Prof. Gudden ho poveril, aby sa v rámci dizertačnej práce zaoberal objasnením Brownovho javu, ktorý bol pozorovaný



Obr. 2 Helmar Frank na pracovisku VÚST Praha, 1960.

na monokryštáloch polovodivého selénu. Dizertačnú prácu *Aufklärung eines scheinbaren Falles von Energie-Wanderung* obhájil a skúšky ukončil v roku 1942. Promovaný za doktora v odbore polovodiče bol v roku 1943 v pražskom Karoline [3]. Od roku 1943 do mája 1945 bol vedeckým asistentom prof. Guddena.

Franka zaujímalo najmä fyzikálne praktikum, kde pomáhal pri príprave pokusov pre študentov. Vo funkcii prednáškového asistenta viedol kurzy prípravy študentov na skúšku základov fyziky. Na základe prednášok prof. Guddena spracoval učebný text *Grundzüge der Physik* [4]. Zúčastnil sa aj na výskume ďalších materiálov pre detektory infračerveného žiarenia (PbO, PbS, PbSe a PbTe). Zoznámil sa s prácami na vylepšovanie selénových usmerňovačov a s vývojom elektrooptických tenkých vrstiev. Spoluziakom H. Franka bol Kurt Lehovc (po vojne v USA významný odborník na LED a IO), ktorý sa zaoberal výrobou veľmi čistého selénu kryštalizáciou zo selenovodíka.

Prof. Helmar Frank po vojne napísal správu o pracovníkoch, činnosti ústavu, stave výskumu a technológii polovodičov vo Fyzikálnom ústave pre amerického dôstojníka z americkej rozvedky (*Office of Strategic Services*). Na žiadosť redakcie tohto časopisu bol preklad správy publikovaný v roku 2015 [3].

Povoynové roky

Po roku 1945 sa rodine žilo ťažko. V roku 1946 rodičov a brata odsunuli do Nemecka do zberného tábora a odtiaľ do Regensburgu. Na konci vojny sa Američania aj Sovieti na území bývalej Tretej ríše zaujímali o špičkových odborníkov. Odvážali ich do laboratórií, kde vedci slúžili víťazom. Záujem o Franka mali predstavitelia čs. armády. Jeho spolužiaka Kurta Lehovca si zobrali Američania do USA [5]. Helmar Frank dostal v roku 1947 výnimku z odsunu. V rokoch 1947–1950 pôsobil ako civilný zamestnanec vo *Vojenskom vedecko-výskumnom ústave* (VVVU) na Jenerálke v Prahe s pracoviskom vo Fyzikálnom ústave Karlovej univerzity, Ke Karlovu 5 (obr. 1). Zaoberal sa najmä prístrojom na nočné videnie, ale aj polovodičovými súčiastkami. Výsledky výskumu a vývoja počas vojny (1940–1945) boli väčšinou tajné so zákazom publikovania.

V roku 1947 J. Bardeen, W. Brattain a W. Shockley v Bellových laboratóriách zhotovili polovodičový zosilňovací prvok. Podľa vynálezcov bol v podstate germániovou hrotovou diódou, ktorej záverný prúd sa dal ovplyvňovať prúdom ďalšieho hrotu v blízkosti prvého. Neskôr ho nazvali tranzistor. Na tomto základe W.

Shockley vypracoval koncepciu zlepšeného plošného tranzistora, v ktorom hroty nahradili PN prechody.

Frank si prvú správu o tranzistore zaznamenal na kartotečný lístok podľa článku „The Transistor – A Crystal Triode“, ktorú v septembri 1948 v časopise *Electronics* uverejnili Bardeen, Brattain a Shockley. Bol tam náčrtok hrotového tranzistora v základnom zapojení s uzemneným kryštálom germánia ako bázy a prevodovými charakteristikami. Bola to pre neho zaujímavá správa, pretože aktívny polovodičový prvok sľuboval možnosti praktických aplikácií. Vynálezom tranzistora vyvrcholila dlhoročná snaha získať zosilňujúci polovodičový prvok s podobnou funkciou ako má vákuová trióda.

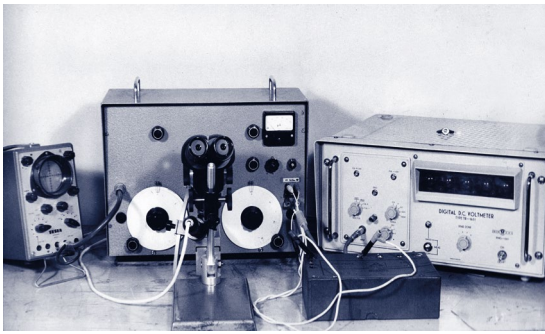
V ústave mali skúsenosti s kontaktovaním polovodičov a vlastnili germániové kryštály, ktoré Nemci používali vo svojom radarovom výskume na mikrovlnné diódy. Vďaka tomu H. Frank s J. Taucom zhotovili tranzistor už dva roky po jeho vynáleze v Bellových laboratóriách v USA. Funkčný tranzistor má vo svojej zbierke Bo Lojek [6]. Keďže Frank pracoval vo vojenskom ústave, výsledky boli utajované a nikto z Európy v tom čase neplatil Bellovým laboratóriám licenčné poplatky, možno Franka s Taucom zaradiť medzi prvých Európanov, ktorí súčiastku zhotovili.

Helmar Frank bol od roku 1950 výskumným pracovníkom v *TESLA Elektronik*, neskôr premenovanom na *Výskumný ústav pre elektrotechnickú fyziku* (VÚPEF) v Prahe. V rámci reorganizácie v roku 1952 z *TESLA Elektronik* vznikol *Výskumný ústav pre označovaciu techniku VÚST A. S. Popova* v Prahe. Pracovisko polovodičov vzniklo hneď na začiatku po vzniku ústavu a delilo sa na technológiu polovodičových súčiastok a na polovodičové materiály [7]. Tu spoločne s Ing. Šnejdarom a Ing. Rubešom vytvoril Frank pracovnú skupinu „polovodičiarov“ (obr. 2). Získané poznatky z výskumu vo Fyzikálnom ústave (PFNU) zúročil vo výskume a výrobe selénových a kuproxových usmerňovačov a fotočlánkov. Vyrábali fotoelektrické články zo selénu, germánia a sulfidu olovnatého. Neskôr sa so svojím kolektívom zamerl na výskum vlastností germánia na výrobu polovodičových súčiastok.

Najskôr bolo potrebné zabezpečiť surovinovú základňu. Išlo o zber popolčeka z vybraného druhu uhlia spaľovaného v elektrárni s možnosťou elektrostatického odlučovania popolčeka z dymových plynov a s následnou redukciou, zónovým čistením a ťahaním monokryštálov. Po zvládnutí technológie prípravy čistého germánia začala sa jeho výroba v závode v Kaznějove pri Plzni. Prvá poloprevádzková výroba hrotových germániových diód sa zabezpečila vo *Výskumnom ústave*



Obr. 1 Fyzikálny ústav za protektorátu.



Obr. 3 Pracovisko na meranie C-V kriviek MOS štruktúr.
Zdroj: Knížnica FEI STU v Bratislave

vákuovej techniky a technológie súčiastok (VÚVTTS) v Prahe. Vedúcim poloprevádzky bol Ing. M. Kepka [7].

Keďže zahraničie embargovalo nákup materiálov na výrobu polovodičových prvkov a na meraciu techniku na kontrolu technologických procesov výroby polovodičových prvkov, bolo žiaduce riešiť tento problém svojpomocne. Medzi prístroje, ktoré boli navrhnuté a vyrobené patria: merač malých kapacít a metóda rozptyľového odporu. Merač malých kapacít (v rozsahu pF, nF) pozostáva z kapacitného mostíka a diferenciálneho transformátora, oscilátora s výstupným napätím 10 až 1000 mV a frekvenciou 100 kHz, obr. 3. Týmto zariadením bolo možné sledovať pomocou nameraných C-V kriviek vplyv technologického procesu a materiálu na hustotu efektívneho náboja v povrchových stavoch MOS štruktúr [8].

V roku 1970 bol Helmarovi Frankovi udelený patent na zariadenie na meranie a vyhodnocovanie koncentračného profilu nosičov náboja epitaxných a difúzných vrstiev v kremíku pomocou jednorotovej metódy rozptyľového odporu (RO), obr. 4. Súčasťou zariadenia bol prípravok na brúsenie vzoriek a merač uhla brúsenia. Práve metóda RO pri miniaturizácii polovodičových súčiastok a zväčšujúcej sa hustote prvkov VLSI našla uplatnenie pri vyhodnocovaní koncentračných profilov plytkých difundovaných a implantovaných vrstiev. Vo svete sa vyrábalo uvedené zariadenie s dvoma hrotmi. Frankovo zariadenie bolo možné používať na meranie profilu nosičov náboja viacvrstvových štruktúr. Využívali ju viaceré výskumné, školské a výrobné pracoviská [9].

Po zvládnutí technológie výroby hrotových diód a tranzistorov nestačila kusová výroba pokryť požiadavky zákazníkov. Bolo jasné, že polovodičové prvky sa musia vyrábať vo veľkom množstve. Keďže v tomto období prakticky všetky informácie o výrobe polovodičových prvkov boli zahraničím embargoované, práve práce vykonané pracovníkmi VÚST A. S. Popova v Prahe pre náš vznikajúci polovodičový priemysel, či už to bola Tesla Rožnov, ČKD-Polovodiče alebo Tesla Piešťany, boli významným zdrojom informácií.

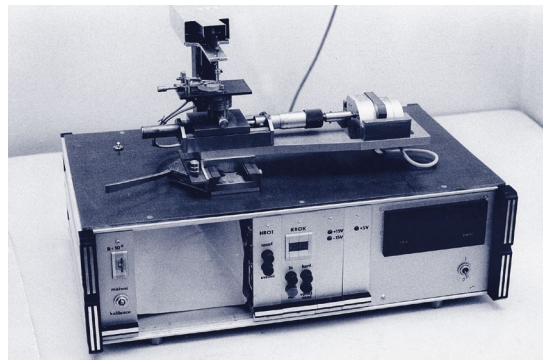
V roku 1956 priznala ČSAV Frankovi vedeckú kvalifikáciu „vedecký pracovník 1. stupňa“ so zaradením „vedúci vedecký pracovník 1b“.

Výsledky dosiahnuté vo VÚST-e prezentoval Frank v rámci dvoch študijných pobytov v Sovietskom zväze vo výskumných pracoviskách v Moskve a v Kyjeve. V tomto období sa Frank s kolektívom okrem rozvoja metodiky merania a meracej techniky pre polovodiče zaoberal fyzikálnou interpretáciou vlastností polykryštálov a monokryštálov kremíka, epitaxných a difúzných vrstiev pre oblasť vývoja, výskumu a výroby. Spracoval aj problematiku defektov v monokryštáloch kremíka.

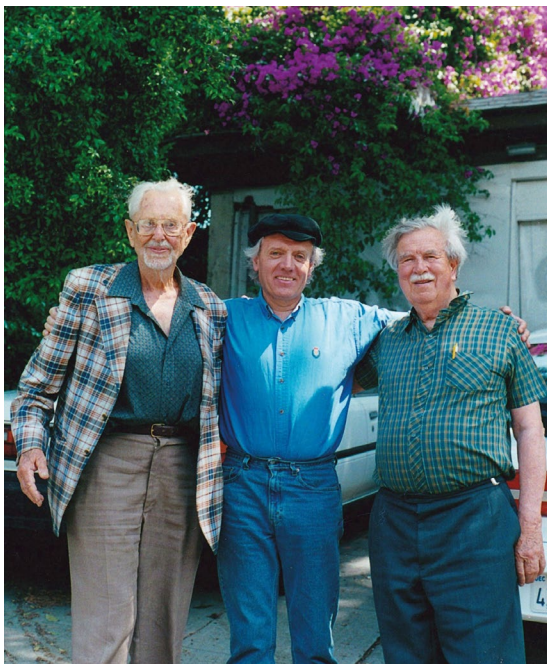
Od roku 1959 začal Frank pracovať na *Fakulte technickej a jadrovej fyziky* (FTJF) ČVUT ako externý učiteľ, školiteľ aspirantov, vedúci diplomových prác. Vyučoval fyziku pevných látok, polovodičov a magnetických materiálov. Súčasťou výučby boli semináre, na ktoré boli pozývaní špecialisti z akademických pracovísk i rezortných výskumných ústavov. V roku 1965 v rámci študijnej cesty v NDR nadviazal spoluprácu s niektorými výskumnými pracoviskami v Drážďanoch a v Karl-Marx-Stadte.

V roku 1967 obhájil Helmar Frank vedeckú hodnosť kandidáta fyzikálno-matematických vied. V roku 1968 získal trvalý pracovný pomer na *Katedre inžinierstva pevných látok* FJFI ČVUT. Za docenta pre odbor fyzika polovodičov bol menovaný v roku 1968. Na katedre bolo dobudované laboratórium rtg difrakcie a vzniklo polovodičové pracovisko orientované na technológiu špeciálnych súčiastok a na vývoj meracích metód. Počas niekoľkých rokov sa podarilo vypracovať originálny postup sledovania dopovania epitaxných a difúzných vrstiev v kremíku pomocou metódy rozptyľového odporu, realizovať meranie Hallovho javu striedavým magnetickým poľom a napätím rôznej frekvencie a na priemyslové využitie zaviesť legovanie kremíka tepelnými neutrónmi [10]. Vo výskume sa venoval otázkam interakcie ionizujúceho žiarenia s pevnou látkou, predovšetkým s kremíkom. Dôležitý bol výsledok vývoja kremíkovej diódy ako dozimetra tepelných neutrónov. Významným výsledkom kolektívu pod vedením H. Franka bolo vyvinutie technologického postupu riadenia spínacích časov rýchlych tyristorov rýchlymi elektrónmi, resp. gama žiarením, za ktorý získali cenu ČSAV. Medzi významné výsledky patrí vypracovanie postupu dotácie monokryštálov pomocou jadrovej transmutácie kremíka pre Tesla Rožnov pomocou tepelných neutrónov v jadrovom reaktore ÚJV Řež. Takto dotovaný kremík bol vhodný na výrobu polovodičových súčiastok a integrovaných obvodov, kde homogenita substrátu ovplyvňuje kvalitu výrobného procesu. Zaoberal sa tiež výskumom korózie reaktorov v atómových elektrárnach, ktorá vzniká v dôsledku žiarenia a vysokej teploty.

Po roku 1968 boli lepšie podmienky na vycestovanie do zahraničia, zúčastňovanie sa medzinárodných konferencií alebo na medzinárodnú spoluprácu. H. Frank svoje výsledky prezentoval v roku 1975 na konferencii vo Viedni a v roku 1977 na sympóziu o neutrónovej dozimetrii v Neuherbergu. V tom istom roku v rámci spolupráce uskutočnili meranie vplyvu neutrónového žiarenia na vlastnosti polovodičových diód na neutrónovom generátore v GSF (Gesellschaft für Strahlen-



Obr. 4 Zariadenie na meranie rozptyľového odporu.
Zdroj: Knížnica FEI STU v Bratislave



Obr. 5 Kurt Lehovec (vľavo), Bo Lojek a Helmar Frank v Los Angeles v roku 2003. So súhlasom I. Faltýnkovej

und Umweltforschung), Neuherberg. V rokoch 1977, 1978 a 1981 sa zúčastnil v Drážďanoch (Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf) na zimnej škole o jadrovej fyzike.

V rokoch 1972 až 1981 bol Frank vedúcim katedry. Jeho znalosti cudzích jazykov a odborná zdatnosť boli využité vo funkcii prodekanu pre vedu a zahraničné styky v období 1973 – 1980. V roku 1980 získal hodnosť DrSc. v odbore fyzikálno-matematických vied (dizertačná práca: *Vznik a vplyv radiačných porúch v kremíku*). V roku 1973 bol menovaný za predsedu Štátnej skúšobnej komisie pre Štátne záverečné skúšky absolventov FJFI – odbor fyzikálne inžinierstvo-inžinierstvo pevných látok. V tom istom roku bol menovaný za člena komisie pre obhajoby kandidátskych prác (aplikovaná fyzika) na ČVUT a členom komisie elektronika a vákuová fyzika na Katedre mikroelektroniky Elektrotechnickej fakulty (KM EF) SVŠT v Bratislave. V roku 1981 bol menovaný za predsedu komisie pre štátne záverečné skúšky na KM EF SVŠT.

V roku 1983 bol vymenovaný za profesora pre odbor experimentálna fyzika. Pracovný pomer na ČVUT ukončil v roku 1986. Po odchode do dôchodku pôsobil na fakulte ako emeritný profesor s čiastočným pedagogickým úväzkom.

V roku 2003 Helmar Frank navštívil prof. Kurta Lehovca v Los Angeles. Stretnutia sa zúčastnil aj Dr. Bo Lojek, autor knihy *History of Semiconductor Engineering* [6], obr. 5.

Prof. Lehovec bol spolužiakom a spolupracovníkom H. Franka vo Fyzikálnom ústave. V roku 1947 v rámci Operation Paperclip sa dostal do USA. Pôsobil v Kalifornii na University of Southern California v Los Angeles. Prof. Lehovec zomrel v roku 2012 v Los Angeles vo veku 93 rokov.

Publikácie a ocenenia

Publikačná činnosť H. Franka bola všestranná. Svoju vlastnosť všímavá si technické detaily, schopnosť realizovať meracie zariadenia a spôsob riadenia technických a vedeckých prác vedel využiť pri písaní publikácií.

Od doby, keď dosiahnuté výsledky vo výskume už neboli tajné, začal ich patentovať (ako autor alebo spoluautor), publikovať v časopisoch, aj knižne. V roku 1950 opísal fotoelektrickú vodivosť v polovodičoch. V roku 1952 to bolo vysvetlenie Brownovho javu na kryštáloch hexagonálneho selénu, o rok neskôr spracoval fotoelektrickú vodivosť sírnika olovnateho. V začiatkoch zavádzania germániových diód a tranzistorov do výroby publikoval s Šnejdarom články o Ge diódach, hrotových alebo plošných Ge tranzistoroch. V roku 1954 napísal *Základy elektrotechniky a optiky* (učebný text pre podnikovú školu práce VÚPEF).

Za významné vedecké úspechy v oblasti výskumu, vývoja a výroby diód a tranzistorov bola H. Frankovi a jeho kolegom V. Šnejdarovi, E. Rubešovi a V. Kepkovi v roku 1954 udelená štátna cena.

Známa je jeho monografia „*Polovodiče v teorii a praxi*“ (1955) (v knihe sa zaoberá teóriou polovodičov, základnými materiálmi, technickým použitím a technikou merania). V roku 1958 H. Frank a J. Vinopal v článku informujú o použití kremíka Si vo výrobe diód. Poukazujú na výhody materiálu Si oproti Ge a na jeho dôsledky na vlastnosti polovodičových prvkov.

V roku 1959 vyšla monografia „*Krystalové elektroniky*“, autori H. Frank a V. Šnejdar (1960 preklad do ruštiny, 1964 – 1965 preklad do nemčiny).

V tomto období získal štátnu cenu ako člen kolektívu polovodičov VÚST Praha (1962). Pracovníkom sektora, ktorého bol RNDr. Frank členom, bolo v roku 1963 prepožičané vyznamenanie Za zásluhy o výstavbu.

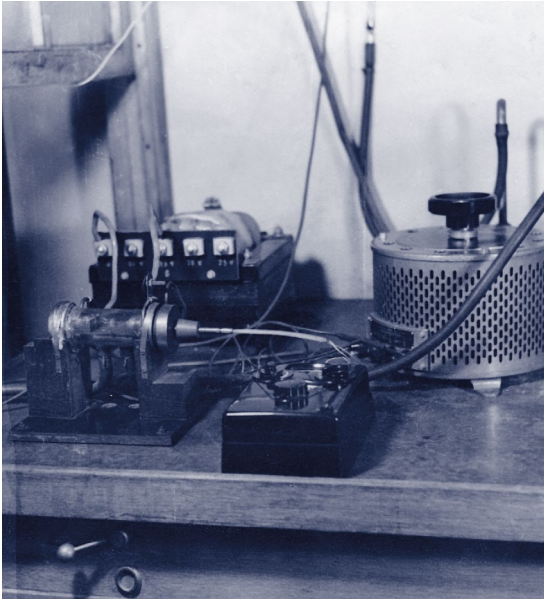
V roku 1976 bola publikovaná monografia H. Frank a V. Šnejdar: *Princípy a vlastnosti polovodičových súčastiek*. Za výsledky v pedagogicko-výskumnej činnosti mu udelila Zlatú Felberovu medailu ČVUT (1979). Naďalej odborne pracoval a v roku 1990 napísal knihu *Fyzika a technika polovodičů*, ako vysokoškolskú učebnicu pre vysoké školy technické, študijný odbor Fyzikálne inžinierstvo.

Pri príležitosti 80. narodenín udelila v roku 1999 STU v Bratislave prof. RNDr. Helmarovi Frankovi, DrSc. čestný titul „*doktor technických vied honoris causa*“, obr. 6. Bolo to ocenenie jeho prínosu pre rozvoj elektroniky a polovodičovej techniky a budovania ľudských i profesionálnych vzťahov so Slovenskom.

V spolupráci s I. Krausom a I. Kratochvílovou publikoval H. Frank v roku 2001 skriptá pre vysokoškóľakov *Úvod do fyziky pevných látok* (druhé vydanie v roku



Obr. 6 Prof. Helmar Frank pri udeľovaní čestného doktorátu na STU v Bratislave. Zdroj: Archív STU v Bratislave



Obr. 7 Experimentálne pracovisko na výrobu Esakiho diód.
Zdroj: Knižnica FEI STU v Bratislave

2009). V roku 2008, Československá sekcia IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers – Inštitút pre elektrotechnické a elektronické inžinierstvo) udelila H. Frankovi, prvú Výročnú cenu v odbore Electron devices, za mimoriadny prínos k rozvoju československej polovodičovej elektroniky.

Helmar Frank spoločne s Jaroslavom Fialom a Ivom Krausom v roku 2013 napísali monografiu *Elektronová štruktúra a reaktivita povrchu a rozhraní*. Monografia sa zaoberá atómovou štruktúrou povrchu telies a rozhraním medzi časticami disperzných systémov. Súčasťou knihy je aj spomienka na priekopníkov fyziky povrchov a rozhraní, ako bol napr. B. Franklin, J. W. Gibbs, I. Langmuir, N. F. Mott a ďalší. Za monografiu bola udelená v roku 2014 Frankovi a spoluautorom cena rektora ČVUT II. stupňa.

V rokoch 1964–1989 bol členom redakčnej rady časopisu *Solid State Electronics* vydávaného Pergamon Press – U.K. [1]. Do svetového vydania prehľadu WHO IS WHO bol zaradený roku 2006 [13].

Spolupráca Helmara Franka so slovenskými inštitúciami

Začiatok spolupráce s Elektrotechnickou fakultou SVŠT v Bratislave je spojený s menom Wernera Espeho. V TESLE Elektronik pracoval s Helmarom Frankom tento významný vedecký pracovník (nositeľ Nemeckej národnej ceny za vedu a techniku (1899, Elbing-Nemecoko – 1970, Bratislava). Vo februári 1944 bol po leteckom nálete v Berlíne zranený, kde Werner Espe pracoval, ťažko poškodený. Časť zariadenia presťahovali do Sudet, menovite do Rokytnice nad Jizerou. V závode vyrábali selenové dosky do usmerňovacích prístrojov. Hoci v roku 1945 drvivá väčšina Nemcov musela Československo opustiť, Dr. Espeho nielenže ponechali, ale ho vymenovali za technického vedúceho závodu na výrobu usmerňovačov v Rokytnici. Ako vákuový expert prednášal vo Fyzikálnom ústave Karlovej univerzity v Prahe, na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave a na Elektrotechnickej fakulte SVŠT v Bratislave. V roku 1952 sa presťahoval do Bratislavy na pozvanie prof. Ing. Antona Rozsypala, vedúceho Katedry elektrotechnológie Elektrotechnickej fakulty SVŠT. Na katedre Espe patrili

medzi zakladateľov odboru technológie materiálov vákuovej techniky. V roku 1955 sa stal mimoriadnym profesorom. V roku 1962 prešiel do novozaloženej Katedry rádiotechnológie a v roku 1964 sa stal riadnym profesorom vákuovej technológie. Prof. Rozsypal bol od r. 1959 školiteľom externého aspiranta Ing. Arnošta Guldana. Názov jeho kandidátskej dizertačnej práce bol „Príspevok k technológii indiumantimonidových Esakiho diód“. Prostredníctvom prof. Espeho téma práce zaujala aj Helmara Franka. Oponentmi práce Ing. Guldana (1965) boli potom W. Espe a H. Frank. Pracovisko navrhnuté na podnet H. Franka je na obr. 7.

Publikácie o objave tranzistora, koncom 50. rokov zaujali aj J. Krempaského. Záujem o rozvoj polovodičov viedol k tomu, že s vedúcim Katedry fyziky na EF SVŠT prof. Ilkovičom založili špecializáciu fyzika tuhých látok. V tomto období sa Krempaský dozvedel o prácach H. Franka. Nadviazal s ním kontakt. H. Frank umožnil Krempaskému v rámci krátkodobého pobytu na svojom pracovisku v Prahe meranie vlastností polovodičových charakteristík a jeho skúsenosti pomohli pri príprave polovodičového praktika.

Po vzniku študijných zameraní Rádiotechnológia (neskôr Mikroelektronika) a Fyzika tuhých látok na EF SVŠT v Bratislave začiatkom 60-tych rokov prispel prof. Frank k profilácii týchto vedeckých smerov pri výchove inžinierskych pracovníkov. H. Frank pôsobil v Bratislave ako školiteľ, oponent, člen komisií. Podieľal sa tiež na habilitačných a inauguračných konaniach. Vyššie uvedené katedry na EF SVŠT (neskôr FEI STU) pripravovali v oblasti materiálov, polovodičových prvkov a IO absolventov pre celé Československo a mnohí sa úspešne presadili aj v zahraničí.

Nesporným prínosom pre Slovensko je aj vedeckovýskumná spolupráca H. Franka s Fyzikálnym aj Elektrotechnickým ústavom SAV a odovzdávanie skúseností a poznatkov z oblasti fyziky polovodičov a diagnostiky pracovníkom TESLA Piešťany [1].

Záver

V živote H. Franka nastali udalosti, ktoré nemohol ovplyvniť, ale bolo mu umožnené vedecky pracovať na tom, čo ho bavilo a uspokojovalo. Prežil obdobie nacistickej okupácie, povojnového snaženia víťazných mocností získať pre seba nemeckých vedcov. V tomto



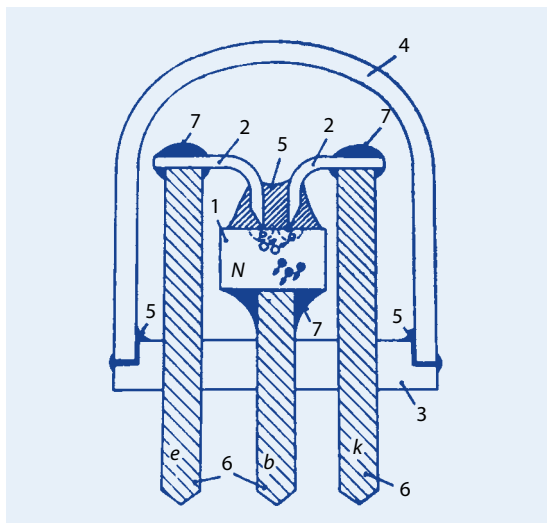
Helmar Jozef-Maria Frank v roku 2013.



Tranzistorový prijímač T58 vyrobený v roku 1958 v Tesla Přelouč bol vystavený na Expo 1958 v Bruseli. Boli v ňom použité zliatinové tranzistory rady 1NU40, 1NU70 a 101–104NU70. Fotografia: J. Valenta

období, ani za socializmu a po roku 1989 sa politicky neangažoval, snažil sa vytvoriť priaznivé podmienky pre svoju prácu a rodinu. Štúdium na vysokých školách a práca vo výskume boli ovplyvnené nacistickou okupáciou českých vysokých škôl. Dňa 17. 11. 1939 boli všetky české a moravské vysoké školy uzavreté a majetok vrátane zbierok, knižníc a technického vybavenia zabavený. Profesorský zbor aj personál boli nahradení odborníkmi a personálom zo zahraničia, predovšetkým z Nemecka [11]. Prof. Gudden bol nacistami podporovaný významný nemecký vedec, ktorého cieľom bolo venovať sa vede. Zameral sa na vytvorenie výskumného kolektívu a chcel hlavne zabezpečiť plnenie vedeckých úloh a dosiahnuť čo najlepšej vzdelanosti absolventov. Za pomerne krátke obdobie sa mu s kolektívom podarilo dosiahnuť významné vedecké výsledky a v pedagogike zaviesť nové metódy výučby [3, 12]. Absolventi ústavu sa po vojne, či už v rámci povojnových reparácií (H. Frank, K. Lehovec), alebo ako absolventi uplatnili v rôznych štátoch sveta.

Prispením vyššie uvedených okolností (v ústave mali skúsenosti s kontaktovaním polovodičov a vlast-



Schematické znázornenie konštrukcie hrotového tranzistora.

1 – germániový kryštál, 2 – dróty z fosforového bronzu, 3 – sklenená pätko, 4 – sklenená čiapka, 5 – umelá hmota, 6 – kontaktné kolíky, 7 – spájané cínom.

nili germániové kryštály) bolo možné v Československu vyrobiť jeden z prvých tranzistorov v Európe. V 50. rokoch to bolo Československo, ktoré i napriek zahraničnému embargu dokázalo si zabezpečiť výrobu polovodičov a vzdelanosť v tomto odbore. Pri zrode tohto úspechu bol H. Frank so spolupracovníkmi a ich priekopnícka práca pri zvládnutí výroby prvých polovodičových diód a tranzistorov a pri ich zavedení do výrobného procesu krátko po vynájdení tranzistora. Pre potreby výskumu, vývoja a výrobnéj praxe vyvinul a realizoval so svojím kolektívom niekoľko diagnostických zariadení.

Helmar Frank sa osobne považoval za Nemca, ale jeho vzťahy k českým a slovenským spoluobčanom boli priateľské, korektné a nanajvýš priateľské.

Predsavzatie venovať sa fyzike sa H. Frankovi úspešne splnilo. Zomrel v septembri 2015 vo veku 96 rokov v Prahe. Aj vo vysokom veku sledoval dianie vo výskume a vysokom školstve. Počas svojho plodného života uverejnil viac ako 150 vedeckých článkov z fyziky a technológie polovodičov v domácich i zahraničných časopisoch a zborníkoch, napísal v texte spomenutej monografie.

Tento príspevok nevyčerpáva okolnosti vedeckej práce prof. Franka. Nateraz patrí vďaka všetkým, ktorí či už slovom alebo písomným materiálom prispeli k obohateniu a skompletizovaniu dokumentácie o vedeckej činnosti prof. Helmara Franka. Prezentované dokumenty boli konzultované s rodinnými príslušníkmi, s jeho spolupracovníkmi z STU Bratislava, SAV Bratislava, TESLA VÚST Praha, ČVUT Praha, TESLA Rožnov, TESLA Piešťany a ďalšími.

Literatúra

- [1] Š. Luby a kol.: *Helmar Frank a jeho doba, Od tranzistora k integrovanému obvodu (Kapitoly z dejín česko-slovenskej mikroelektroniky)*. VEDA, vydavateľstvo SAV, Bratislava 2018.
- [2] M. Pospíšil: „Fyzik Helmar Frank – život“, Čs. čas. fyz. **69**, 41 (2019).
- [3] H. Frank: „Vzpomínky na Bernharda Guddena a fyziku polovodičů, jak se pěstovala na německém fyzikálním ústavu v Praze“, Čs. čas. fyz. **65**, 90 (2015).
- [4] H. Frank: *Grundzüge der Physik*. Andre, Prag 1944.
- [5] I. Větvíčka: „Vědec Helmar Frank“, Xantypa 6/2011, s. 26–29.
- [6] Bo Lojek: *History of Semiconductor Engineering*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2007.
- [7] J. Cetkovský, J. Foltá (red.): „Polovodičová doba v Československu“, *Práce z dějin techniky a přírodních věd* 7, s. 1–150 (2005).
- [8] H. Frank: „Výzkum měřicích metod pro polovodičové materiály. Měřič malých kapacit“, *Zpráva VÚST č. 23049/29* (1966).
- [9] H. Frank: „Zařízení pro měření profilu měrného odporu polovodičových materiálů“, Čs. patent č. 138 326 (15.9.1970).
- [10] I. Kraus: „O fyzice pevných látek na FJFI“, In: *Moderní směry ve fyzice* (Z. Kluiber, red.), Nakladatelství ARSCI, Praha 2003, s. 26–31.
- [11] A. Mišková: *Německá (Karlova) univerzita od Mnichova k 9. květnu 1945*. Karolinum, Praha 2002.
- [12] J. H. Gisolf: „Památce Bernharda Friedricha Adolfa Guddena“, Čs. čas. fyz. **65**, 97 (2015). nekrológ z Archiv der Elektrischen Übertragung č. 3 (1949) preložil K. Rohlena.
- [13] *International Who's Who of Authors and Writers 2006*, Routledge, London 2005.