

Četverobitni mikroprocesori (izvedeni u MOS-tehnologiji) imaju, već prema tipu, trajanje jedne instrukcije 5...12 μ s. Broj instrukcija je 40...60, a broj pomoćnih registara 2...25. Oni mogu adresirati 1024...8192, tj. 2¹⁰...2¹³ riječi memorije. To su najjednostavniji i najjeftiniji mikroprocesori prikladni za upotrebu u malim sustavima kao što su: elektroničke registarske blagajne, mala računala za računovodstvene obračune, naprave za kontrolu kreditnih kartica, automatizirane mjerne naprave, jednostavni ulazni terminali za računala, automati za igranje i slično.

Mikroprocesore s duljinom od osam bita proizvodi najviše proizvođača. Vrijeme trajanja instrukcije jest 0,3 μ s (mikroprocesor izveden u Schottky TTL-tehnologiji) do 20 μ s (NMOS-tehnologija), a repertoar instrukcija je ~40 do više od 100. Neki od tih mikroprocesora mogu adresirati do 65536, tj. 2¹⁶ riječi memorije, a broj pomoćnih registara je 3 do ~70. Ta grupa mikroprocesora upotrebljava se danas najčešće, i to za vrlo različite svrhe kao što su: inteligentni terminali i komunikacijske naprave digitalnih računala, mikračunala za nadzor i upravljanje procesa, uređaji za upravljanje alatnim strojevima, automatske pisaače mašine, medicinska i ostala instrumentacija.

Mikroprocesori sa šesnaest bita imaju slična svojstva kao i osambitni, s tim da je u njima olakšano adresiranje i na taj način instrukcije postaju djelotvornije, a duljina riječi od šesnaest bita olakšava i numeričku obradu podataka. Zbog toga su ti mikroprocesori pogodni za gradnju mikračunala koja se upotrebljavaju za prikupljanje i obradu podataka pri upravljanju procesima, automatskih sustava za testiranje, navigacijskih sustava i sl.

Posebnu skupinu čine mikroprocesori u kojima se nastojalo skratiti trajanje ciklusa jedne instrukcije, pa je za njihovu gradnju upotrijebljena tehnologija Schottky TTL, ECL ili I²L. Trajanje jedne instrukcije iznosi 0,1 μ s (čak 55 ns za jedan ECL-mikroprocesor). Zbog tehnoloških ograničenja duljina riječi tih mikroprocesora iznosi samo četiri bita, ali su oni tako građeni da se dodatkom posebnih sklopova izvana mogu lančasto povezati u mikračunala s proizvodljivo dugim riječima (do 320 bitova za jedan tip). Na taj se način mogu graditi specijalna računala podobna za tzv. digitalnu obradu signala (digitalno filtriranje, brzu Fourierovu transformaciju, autokorelaciju), i za gradnju računala opće namjene.

L. Budin

LIT.: J. Millman, H. Taub, Pulse digital and switching waveforms. McGraw-Hill, New York 1965. — S. Tirk, Elektronički sklopovi. Tehnička knjiga, Zagreb 1968. — B. Juzbašić, Elektronički elementi. Tehnička knjiga, Zagreb 1970. — R. L. Morris, J. R. Miller, Designing with TTL integrated circuits. McGraw-Hill, New York 1971. — W. N. Carr, J. P. Mize, MOS/LSI design and application. McGraw-Hill, New York 1972. — J. B. Peatman, The design of digital systems. McGraw-Hill, New York 1972. — J. Millman, C. C. Halkias, Integrated electronic. McGraw-Hill, New York 1972. — G. Luecke, J. P. Mize, W. N. Carr, Semiconductor memory design and application. McGraw-Hill, New York 1973. — A. Barna, D. I. Porat, Integrated circuits in digital electronics. John Wiley & Sons, New York 1973. — F. J. Hill, G. R. Peterson, Digital systems, hardware organization and design. J. Wiley, New York 1973. — A. van der Ziel, Introductory electronics. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1974. — U. Peruško, Magnetski digitalni sklopovi. Školska knjiga, Zagreb 1975. — T. R. Blakeslee, Digital design with standard MSI & LSI. John Wiley & Sons, New York 1975. — H. S. Stone (ed.), Introduction to computer architecture. Science Research Associates Inc., Chicago 1975. — M. M. Mano, Computer system architecture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1976. — A. E. M. Abd-Alla, A. C. Meltzer, Principles of digital computer design; vol. 1. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1976. — S. C. Lee, Digital circuits and logic design. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1976.

L. Budin U. Peruško A. Szabo

figuracija vanjske ljuske jest 5s²5p¹ (uz popunjenje 4d orbitale).

Indijum su otkrili 1863. godine F. Reich i Th. Richter spektralnom analizom sfalerita iz nalazišta u okolini Freiberga. Ime je dobio prema indigoplavoj spektralnoj liniji.

Srednji sadržaj indijuma u Zemljinoj kori iznosi oko 10⁻⁵%. Postoji više minerala, npr. rekizit (CuInS₂), indit (FeIn₂S₄), džalindit (In(OH)₃) i sl., u kojima se indijum nalazi u količini 0,5...9·10⁻³%. Ti su minerali veoma retki u prirodi, te nemaju nikakav ekonomski značaj. Osnovna masa indijuma u prirodi nalazi se kao pratilac minerala nekih obojenih metala, u prvom redu cinka i olova: u sfaleritu, ZnS, 0,1...10·10⁻²% i galenitu, PbS, 0,3...1·10⁻³%.

Indijum se proizvodi skoro isključivo iz međuprodukata u metalurgiji obojenih metala, u prvom redu olova i cinka. U našoj se zemlji indijum pojavljuje kao pratilac olovno-cinkovih ruda, naročito u rudištu Stari Trg — Trepča. Pri obogaćivanju ovih ruda indijum pretežno prelazi u cinkov flotacioni koncentrat. Preradom koncentrata skuplja se indijum u mulju od luženja cinka u elektrolizi. Važniji proizvođači indijuma jesu: SAD, Kanada, SSSR, Australija, Peru, Japan, Belgija, Nemačka, Italija, Finska, Švedska i Poljska. Kod nas je neko vreme indijum proizvodila Cinkarna Celje u Sloveniji.

Svojstva. Indijum je mek, lako topiv metal srebrenastobebe boje. Kristališe po površinski centriranoj tetragonalnoj rešetki, sa parametrima: $a = 0,4583$ nm, $b = 0,4936$ nm i $c = 0,43$ nm. Temperatura topljenja je 156°C, a ključanja 2000°C. Specifična toplota čvrstog indijuma između 0...150°C iznosi 0,24 J K⁻¹ g⁻¹ (0,056 cal/g°C), a tečnog (156°C) 0,26 J K⁻¹ g⁻¹ (0,062 cal/g°C). Specifična električna otpornost čvrstog indijuma (0°C) je 8,2·10⁻⁶ Ω cm, a tečnog (156°C) 2,9·10⁻⁵ Ω cm. Normalni elektrodni potencijal iznosi -0,34 V. Elektrohemijski ekvivalent trovalentnog indijuma je 2,52266 C mg⁻¹, odnosno 1,42707 g/Ah. Pri 3,37 K indijum postaje superprovodnik. Presek mu je zahvata termičkih neutrona 1,9·10⁻²⁶ m² (190 barna). Čvrstoća na pritisak je oko 2,2 MPa (0,22 kpm m⁻²). Pri mehaničkoj deformaciji (valjanju, presovanju, izvlačenju) indijum se praktično ne zagreva, jer rekristališe pri sobnoj temperaturi.

Na vazduhu, pri sobnoj temperaturi, indijum se ne oksidiše. Na temperaturama iznad tačke topljenja oksidacija indijuma odvija se uz obrazovanje indijum-trioksida (In₂O₃). Sa hlorom reaguje uz zagrevanje obrazujući indijum-trihlorid (InCl₃) a sa sumporom obrazujući indijum-trisulfid (In₂S₃). Kompaktan metal praktično ne reaguje sa vodom i alkalijama. Prah ili sunder indijuma lagano se oksidiše u vodi u prisustvu kiseonika, uz obrazovanje indijum-hidroksida. Indijum se sporo rastvara u razblaženoj sonoj, sumpornoj i azotnoj kiselini, a nešto brže pri zagrevanju. U koncentrovanim mineralnim kiselinama rastvara se brže i potpunije. Indijum obrazuje organska jedinjenja koja lako hidrolizuju ili se oksidišu. Sa živom obrazuje amalgam. Sa selenom, telurom, arsenom i fosforom obrazuje intermetalna jedinjenja, a sa većinom teških obojenih metala (olovo, cink, kadmijum, bakar, kalaj) i rasejanih retkih metala (galijum, talijum, germanijum) obrazuje brojne legure.

Sirovine za dobijanje elementarnog indijuma. Glavni izvori za dobijanje indijuma jesu međuprodukti i otpadni produkti prerade cinkovih i olovnih ruda.

Osnovna sirovina za dobijanje indijuma jest mulj od luženja prženca (ZnO) i bakarno-kadmijumov mulj, u kojima se indijum koncentriše za vreme hidrometalurške proizvodnje cinka (v. Cink, TE2, str. 652). U pirometalurškoj proizvodnji cinka (v. Cink, TE2, str. 648) indijum se koncentriše u prašini peći za koksovanje briketa od prženca i u tzv. cinkovom olovu, koje zaostaje nakon rektifikacije sirovog cinka. Kada je prisutan u olovnim rudama, indijum se delimično koncentriše u prašini od redukcionog topljenja olova u šahtnim pećima i u međuproduktima rafinacije sirovog olova u bakarnom šlikeru i oksidnoj prašini.

Proizvodni postupci. Međuprodukti od proizvodnje cinka i olova, koji služe kao sirovine za dobijanje indijuma, imaju niski sadržaj indijuma kao pratioca i visoki sadržaj glavnih sastavnih komponenata — cinka, olova, kadmijuma, železa i dr.

INDIJ, indijum (indium, In), hemijski element s atomskim brojem 49 i relativnom atomskom masom 114,82. Nalazi se u IIIB grupi periodnog sistema elemenata između galijuma i talijuma. U prirodi se nalaze dva stabilna izotopa indijuma: ¹¹³In (4,33%) i ¹¹⁵In (95,67%). Od radioaktivnih izotopa najduže vrijeme poluraspada (49,5d) ima ¹¹⁴In. Elektronska kon-

Zato se izvlačenje indijuma iz ovih sirovina sastoji iz dva osnovna tehnološka postupka: dobijanje metalurškog indijumovog koncentrata i dobijanje sirovog indijuma.

Dobijanje metalurškog indijumovog koncentrata. Polazne sirovine se najpre podvrgavaju luženju sa sumpornom kiselinom, najčešće u dva stupnja. U prvom se izvodi tzv. *neutralno luženje*, u kojem glavna količina cinka prelazi u rastvor, a indijum ostaje u neizluženom ostatku. Na kraju tog luženja pH je ~5.2. U drugom se stupnju izvodi *kiselo luženje*, u kojem se u rastvor prevodi indijum i sav zaostali cink, te mnogi drugi prisutni metali, dok u nerastvornom ostatku zaostaje olovo u vidu sulfata. Potpunije prevođenje indijuma u rastvor postiže se prethodnom obradom sirovina sa koncentrovanom sumpornom kiselinom. Produkt sulfatizacije luži se vodom i u rastvor se prevodi indijum i svi drugi rastvorni sulfati.

Za odvajanje indijuma od ostalih metala (cinka, bakra, železa, kadmijuma), prisutnih u sulfatnom rastvoru, primenjuju se uglavnom sledeći postupci: taloženje teško rastvornih indijumovih jedinjenja, cementacija na cinku ili cinkovom amalgamu i ekstrakcija.

Pri zagrevanju *sulfatnih rastvora* uz pH = 3.5...4.8 u hidrolizi se *taloži* indijum-hidroksid, $\text{In}(\text{OH})_3$, čija je rastvorljivost u vodi vrlo mala ($6 \cdot 10^{-3}$ g/l). Zajedno sa indijumom talože se i železo i aluminijum, ali i male količine drugih metala. Ponavljanjem rastvaranja hidroksidnog taloga i zatim hidrolitičkog taloženja dobija se talog obogaćen indijumom. Talog se zatim tretira s 15...20%-tnim rastvorom natrijum-hidroksida uz zagrevanje. U rastvor prelaze aluminijum, cink, olovo, kalaj, germanijum i galijum u vidu lako rastvornih natrijumovih soli (aluminata, cinkata, plumbata itd.), a ostatak biva obogaćen indijumom.

Iz rastvora, koji sadrže znatnu količinu *arsena*, indijum se u intervalu pH = 2...3.4 taloži kao $5\text{In}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{As}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Veći deo cinka, kadmijuma, olova i dvovalentnog železa (trovalentno železo treba redukovati do dvovalentnog) ostaje u rastvoru, jer se njihovi arsenati izdvajaju pri većim pH vrednostima. Talog arsenata može se rastvoriti i pomoću alkalija, pa se naknadnim taloženjem dobija smeša hidratiranih oksida kao bogati koncentrat indijuma.

Indijum se može taložiti i kao *fosfat*. Dodatkom natrijum-fosfata uz pH = 3,2 taloži se indijum-fosfat, a u rastvoru ostaju cink, kadmijum, olovo i dvovalentno železo. Talog indijum-fosfata rastvara se u sumpornoj kiselini i ponavlja taloženje, čime se dobija bogatiji produkt. Na kraju se bogati talog indijum-fosfata razlaže rastvorom natrijum-hidroksida i indijum prevodi u hidroksid.

Indijum se iz sulfatnih rastvora može dobiti i *cementacijom*, tj. procesom u kojem se elektronegativniji metal oksidiše i prelazi u rastvor, a elektropozitivniji metal se redukuje i taloži iz rastvora. Za cementaciju indijuma obično se prvo upotrebljava cinkov prah. Njegovim pažljivim doziranjem moguće je najpre istaložiti bakar, a indijum i druge elektronegativnije komponente ostaju u rastvoru. Nakon toga se na cinkovom limu cementira indijum. Taj indijum nije čist, već je to indijumov koncentrat, mešavina cementacionog mulja indijuma i drugih metala (kadmijuma, bakra). Time se indijum odvaja od osnovne mase železa i aluminijuma, koji ostaju u rastvoru. U novije vreme sve više se primenjuje cementacija cinkovim amalgamom. Cementacijom izdvojeni indijum odmah obrazuje amalgam, iz kojeg se indijum anodnim rastvaranjem prevodi u rastvor, a zatim taloži na katodi.

Siromašni rastvori s <100 mg/l indijuma *ekstrahuju se* s 0,30...0,35 N rastvorom di-(5-metilheptil)-hidrogenfosfata (uobičajeno ime je i di-(etilheksil)-fosforna kiselina) u kerozinu. Tu se ne radi o ekstrakciji u užem smislu (v. *Ekstrakcija*, TE 3, str. 537), već o odvajanju indijuma na temelju hemijske reakcije:

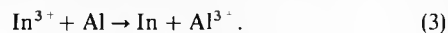
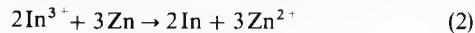


gde je R = C_8H_{17} (5-metilheptil).

U vodenoj fazi zaostaju cink, kadmijum, bakar, nikal, mangan itd., a organska faza, koja sadrži indijum, obrađuje se s

8...10 N hlorovodičnom kiselinom. Na taj se način ravnotežna reakcija (1) pomiče na levu stranu, tj. u smeru regeneracije ekstrakcionog sredstva i dobijanja indijuma. Iskorišćenje indijuma u tom postupku iznosi oko 95%.

Dobijanje sirovog indijuma. Sirovi se indijum dobija iz rastvora nastalih luženjem metalurških indijumovih koncentrata (taloga indijum-hidroksida ili baznog arsenata). Ti se talozi prvo prečišćavaju i obogaćuju ekstrakcijom, a zatim se indijum cementira na cinkovim ili aluminijumovim limovima prema reakcijama:



Dobiveni indijumov sunder skida se sa limova, ispire se vodom i presuje u brikete. Sirovi indijum sadrži 96...99% indijuma.

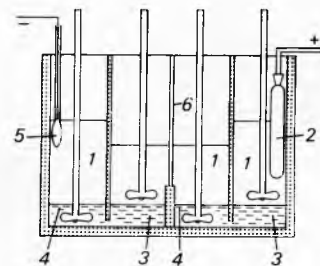
Elektrolitičko izdvajanje indijuma iz rastvora primenjuje se obično pri dobijanju čistog metala i pri prevlačenju metalnih površina indijumom, a ređe u proizvodnji sirovog metala.

Rafinacija. Za proizvodnju vrlo čistog indijuma, kakav se upotrebljava u industriji poluprovodnika, primenjuju se sledeći postupci rafinacije sirovog metala: hemijski postupci, elektrolitička rafinacija, vakuumaska destilacija i zonalna rafinacija.

U *hemijske postupke prečišćavanja*, pomoću kojih se dobija indijum sa svega 10^{-3} ... 10^{-4} % primesa, ubrajaju se: a) topljenje pod slojem natrijum-hidroksida, gde se pri 320...350 °C iz indijuma većina zaostalog cinka, aluminijuma, olova i kalaja prevodi u natrijum-hidroksidnu trosku; b) topljenjem pod slojem amonijum-hlorida i glicerina, pri čemu se na 160...170 °C primesa sa većim afinitetom prema hloru nego što ga ima indijum (cink, kadmijum, železo) prevode u hloride; c) topljenje pod slojem kalijum-jodida i glicerina, u kojem se indijum prečišćava od kadmijuma i talijuma, koji obrazuju vrlo stabilne jode (K_2CdI_4 i TlI).

Obična *elektrolitička rafinacija* uz upotrebu anoda iz sirovog indijuma izvodi se u slabo kiselim hloridnim rastvorima, koji obično sadržavaju 40...60 g/l In i 30...80 g/l NH_4Cl . Kao katode mogu da služe listovi od čistog indijuma, aluminijuma ili titana, na kojima se taloži indijum. Kombinacijom višestruke elektrolize i topljenja pod amonijum-hloridom može se dobiti indijum, koji ne sadrži više od 10⁻⁴% bilo koje primese.

Rafinacija pomoću *amalgama* odvija se u trodelnom elektrolizeru (sl. 1), u kojem je živa bipolarna elektroda. Sirovi



Sl. 1. Shema trodelnog elektrolizera sa bipolarnim živinim elektrodama. 1 sekcije ćelije sa različitim elektrolitima, 2 indijumova anoda, 3 živine katode, 4 živine anode, 5 platinska katoda, 6 dijafagma

indijum s anode prelazi prvo u elektrolit, a zatim stvara amalgam na živinoj katodi. U srednjem prostoru amalgam se anodno razlaže i indijum prelazi ponovno u elektrolit. To amalgamiranje i rastvaranje se ponavlja dok se konačno indijum, očišćen od primesa, ne istaloži na platini. Tim se postupkom dobija produkt sa 99,99% indijuma.

Vakuumskom rafinacijom pri temperaturi 600...900 °C i tlaku $1,3 \cdot 10^3$... $1,3 \cdot 10^2$ Pa ($\sim 10^{-2}$... 10^{-3} torra) uklanjaju se lako isparljive primese: cink, kadmijum i živa.

Zonalna rafinacija upotrebljava se obično kao završna faza u dobijanju indijuma visoke čistoće. Na taj se način mogu skoro potpuno ukloniti nikal, srebro i bakar, ali ta metoda nije pogodna za uklanjanje olova, kadmijuma i cinka.

Prerada. Indijum je veoma plastičan metal, pa se na sobnoj temperaturi može valjati, presovati i izvlačiti. Produkti plastične prerade indijuma jesu limovi, trake, žice, ronđele i peleti. Limovi se valjaju sve do debljine od 0,04 mm. Trake, šipke i žice presuju se na hladno u tvrdim čeličnim matricama. Peleti

za elektronsku industriju u obliku pločica s prečnikom 0,38–0,64 mm i debljinom 0,13–0,15 mm i u obliku kuglica s prečnikom 0,2–1,5 mm proizvode se presovanjem iz vrlo čistog indijuma.

Upotreba. Indijum se najviše upotrebljava u mašinstvu, električkoj industriji, te za izradu brojnih legura.

U proizvodnji ležajeva za motore koji rade pod velikim opterećenjima, indijum se elektrolitičkim putem nanosi na površinu ležaja koja je prethodno presvučena slojem srebra ili olova. Zatim se ležaj zagreva i indijum difunduje u dubinu materijala. Na taj se način smanjuje trenje u ležaju, a povećava trajnost i otpornost prema koroziji. Takvi se ležajevi upotrebljavaju u prvom redu u motorima aviona i teških drumskih vozila.

Indijumove prevlake s vremenom ne tamne i zadržavaju jaku refleksiju, pa služe za izradu specijalnih reflektora.

Elektronika je najveći potrošač indijuma. U mnogim uređajima on služi kao dodatak koji daje željena električna svojstva, a njegove se legure upotrebljavaju za spajanje zbog niske temperature topljenja. Vrlo čist indijum dodaje se germanijumu u proizvodnji poluprovodnika. Jedinjenja indijuma sa nekim elementima V grupe periodnog sistema (fosfidi, arsenidi i antimonidi) imaju također osobine poluprovodničkih materijala.

Indijumovim folijama koristi se nuklearna tehnika za određivanje protoka neutrona i za merenje njihove energije.

Indijumove legure. Indijum se dobro legira sa većinom obojenih metala. Industrijski značaj imaju legure indijuma sa olovom, kalajem, kadmijumom, cinkom, aluminijumom, srebrom, bizmutom, talijumom i germanijumom.

Zahvaljujući niskoj temperaturi topljenja, indijumove se legure upotrebljavaju u sistemima protivpožarne signalizacije. Jedna od takvih legura sadrži 18,4% In, 40,7% Bi, 22% Pb, 10,6% Sn i 8,16% Cd i ima tačku topljenja 46,5°C. Izrazito lako topive su legure indijuma sa galijumom. Tako npr. eutektička legura sa 24% In i 76% Ga ima temperaturu topljenja od 15,7°C, legura sa 29% In, 67% Ga i 4% Zn se topi na 13°C, a legura sa 25% In, 61% Ga, 13% Sn i 1% Zn na temperaturi 3°C.

Legure indijum-olovo, indijum-olovo-kalaj i indijum-kalaj-kadmijum-bizmut služe kao materijali za spajanje metala, stakla, kvarca i keramike. U vakuumskoj tehnici te legure obezbeđuju pouzdan spoj pojedinih delova od istog ili različitog materijala, pa se njihovom primenom može postići veoma visoki vakuum.

Legure indijuma sa srebrom i kadmijumom odlikuju se dobrom toplotnom provodljivošću, antikorozijskom stabilnošću, čvrstoćom i dovoljno velikim presekom zahvata termičkih neutrona, pa služe u nuklearnoj tehnici kao regulatori i apsorberi neutrona. U tu svrhu našla je primenu legura s 19% In, 71% Ag i 10% Cd. Kao apsorberi neutrona u nuklearnim reaktorima upotrebljavaju se legure sa 54–62% In, 8–18% Cd i 20–32% Bi.

Legure indijuma (18–23% In) sa telurom služe za izradu termoelemenata. Eutektička legura indijuma i kadmijuma (25% Cd) ima visoku tvrdoću i nisku temperaturu topljenja (112,5°C), pa služi u elektrotehnici za spajanje. Legure indijuma (25–50%) sa kalajem (37–70%) i olovom (25–50%) su veoma otporne prema alkalijama, pa se upotrebljavaju u izradi delova aparatura u hemijskoj industriji.

Zbog otpornosti protiv korozije i dobrih dekorativnih osobina indijumove legure sa bakrom, srebrom, kadmijumom i cinkom upotrebljavaju se u juvelirstvu i zubarskoj tehnici.

Indijumovi spojevi. Indijum je u svojim spojevima jednovalentan, dvovalentan i trovalentan. Spojevi trovalentnog indijuma su najstabilniji i jedini su do sada našli tehničku primenu.

Indijum-trioksid, In_2O_3 , najstabilniji je oksid indijuma. Tačka topljenja mu je na 2000°C. Na običnoj temperaturi to je prah žute boje, praktično nerastvoran u vodi, a lako rastvoran u mineralnim kiselinama. Nastaje zagrevanjem indijuma na vazduhu ili termičkim razlaganjem indijum-hidroksida, nitrata, karbonata i drugih soli. Pri zagrevanju iznad 750°C delimično disocira, obrazujući In_3O_4 . U redukcionoj sredini na oko 400°C indijum-trioksid se postepeno redukuje u niže okside (InO i In_2O),

a na 700–800°C redukuje se do metala. Zbog svoje žute boje indijum-trioksid se upotrebljava za bojenje stakla.

Indijum-monoksid, In_2O , jest sitnokristalična, krta, lako isparljiva supstanca crne boje. Ne rastvara se u vodi, dobro se rastvara u hlorovodoničnoj kiselini. Pri zagrevanju na vazduhu iznad 780°C oksidiše se u žuti In_2O_3 .

Indijum-hidroksid, $\text{In}(\text{OH})_3$, amfoternog je karaktera. Rastvara se u hladnom rastvoru natrijum-hidroksida, a pri zagrevanju tako dobijenog alkalnog rastvora stvoreni natrijum-indat se razlaže uz izdvajanje hidratisanog oksida, $\text{In}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Indijum-hidroksid nastaje neutralizacijom sulfatnih, nitratnih ili hlridnih rastvora kao čisto jedinjenje ili u smeši sa baznim solima.

Indijum-trihlorid, InCl_3 , bezbojna je i lako isparljiva so, koja se topi samo pod pritiskom. Rastvorljivost u vodi na temperaturi 22°C iznosi 22,5 g/l. Indijum-trihlorid se dobija rastvaranjem elementarnog indijuma ili indijum-trioksida u sonoj kiselini. Koncentrisani vodeni rastvori upotrebljavaju se u pripremi elektrolita za elektroplatanje indijumom.

Indijum-monohlorid, InCl , kristalna je so s tačkom topljenja 225°C, a tačkom ključanja 653°C. Nastaje neposrednim dejstvom hlora ili hlorovodonika na metal.

Indijum-sulfat, $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3$, najbolje je rastvorna indijumova so u vodi. Iz neutralnih, dovoljno bogatih rastvora kristališe sa 5 molekula vode. U zavisnosti od koncentracije sumporne kiseline i temperature, iz kiselih se rastvora izdvajaju kristalohidratne soli sa 6 ili 10 molekula vode ili kiselina so, $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$. Indijum-sulfat se dodaje rastvorima koji služe za elektroplatanje indijumom.

Indijum-trisulfid, In_2S_3 , žuti je talog, koji nastaje provođenjem vodonik-sulfida kroz neutralan ili slabo kiseo rastvor indijumovih soli. Topi se na 1050°C, a приметно sublimira iznad 800°C. Pri zagrevanju u struji vodonika delimično se redukuje od crnog indijum-monosulfida In_2S . Indijum-trisulfid se rastvara u rastvoru natrijum-sulfida obrazujući sulfosoli, kao npr. NaInS_2 .

Proizvodnja indijuma i njegovih legura i spojeva. Sve do 1924. godine indijum se proizvodio samo u laboratorijskim razmerama. Do veće industrijske proizvodnje dolazi praktično tek posle II svetskog rata, tako da je 1950. godine svetska proizvodnja (bez SSSR) iznosila 4100 kg. Proizvodnja indijuma je naglo porasla nakon što se uspio dobiti vrlo čist metal, koji se mogao uspešno primeniti u elektronici. Tako se već 1955. godine proizvelo 15000 kg, 1958. godine 18000 kg, 1965. godine oko 40000 kg, 1970. godine 71600 kg, a 1974. godine oko 55000 kg indijuma (Kanada 13700 kg, SSSR 9100 kg, Australija 4550 kg, Peru 5550 kg, Japan 5500 kg, ostale zemlje 16650 kg).

LIT.: W. Schreiter, Seltene Metalle, B. II. Leipzig 1961. — Ю. В. Румянцев, Н. А. Хворостухина, Физикохимические основы пирометаллургии индия. Наука, Москва 1965. — R. Kiffer, Sondermetalle. Springer Verlag, Wien 1971. — А. Н. Зеликман, Т. А. Меерсон, Металлургия редких металлов. Металлургия, Москва 1973. — В. Đurković, D. Đurković, Metalurgija retkih metala. Građevinska knjiga, Beograd 1976.

B. Đurković

INDUSTRIJSKI DIZAJN, oblikovanje industrijskih proizvoda; sadrži više srodnih pojmova: projekt, plan, crtež, kompoziciju, neko svojstvo nekog predmeta ili procesa (njegovu zamisao, postupak oblikovanja i ostvarenja). Naziv potječe od engleske riječi *design* (nacrt, zamisao, uzorak na tkanini, izvedba). Izrazi *Formgestaltung* ili *Formgebung* u njemačkom i *esthétique industrielle* u francuskom jezičnom području napuštaju se jer nisu mogli uspješno nadomjestiti pojam dizajna. U Sovjetskom Savezu dizajn zamjenjuje pojmove *техническая эстетика* i *художественное конструирование*. Izraz dizajn jest međunarodno prihvaćeni termin. Često se navodi definicija Međunarodnog savjeta organizacije za industrijski dizajn (ICSID — *International Council of Society for Industrial Design*) iz šezdesetih godina: »Industrijski je dizajn stvaralačka aktivnost čiji je cilj određivanje formalnih kvaliteta industrijski proizvedenih predmeta. Te formalne kvalitete obuhvaćaju i vanjske karakteristike, ali prije svega one strukturalne i funkcionalne odnose, koji pretvaraju sistem u koherentnu cjelinu, kako sa stanovišta pro-