

## novosti i zanimljivosti

Uređuje: Mirko Klaić, dipl. ing.

### Prognoze za poluvodičku proizvodnju

Svjetsko tržište poluvodiča poraslo je u razdoblju od 2000. do 2005. godine za 12 postotaka (od 204 na procijenjenih 228 mrđ dolara). Proizvodnja wafera u svijetu (preračunata na wafer od 8 inča) porasla je u istom razdoblju za 15 %. Istodobno je pala prosječna dobit po waferu za 15 %.

»Sumarno iznosi smanjenje dobitka oko 30 %, neovisno o svim poboljšanjima u proizvodnji«, razjašnjava W. Hofmann iz Središnjeg udruženja elektroindustrije (ZVEI) Njemačke. Od tog sniženja cijena u različitim mjerama su bile pogođene sve proizvodne kategorije, izuzev mikroprocesora, koji su imali u 2000. godini prosječnu cijenu od 82,81 dolar, a u 2005. godini 104,81 dolar po komadu. Nasuprot tome, memorije DRAM koštale su u 2000. godini prosječno 7,24 dolara, a u 2005. godini još samo 3,63 dolara po komadu. Sve druge kategorije, također u tom razdoblju, morale su podnijeti pad prosječnih cijena od 3 do 24 %.

Od 2001. godine pomiče se tržište poluvodiča prema Aziji i to prije svega prema Kini. To je dovelo do smanjenja udjela Amerike u svjetskom tržištu za oko jednu trećinu na samo još 18 % i u Aziji do porasta na 24 %. Japan je skočio kratkotrajno na 25 %, ali se opet spustio na 21 %. Europa je također izgubila, tj. pala od 21 na 19 %. Ulogu Amerike kao vodećeg i najvećeg tržišta mikroelektronike i proizvođača elektroničkih uređaja preuzela je Azija, i to pretežito Kina i Tajvan.

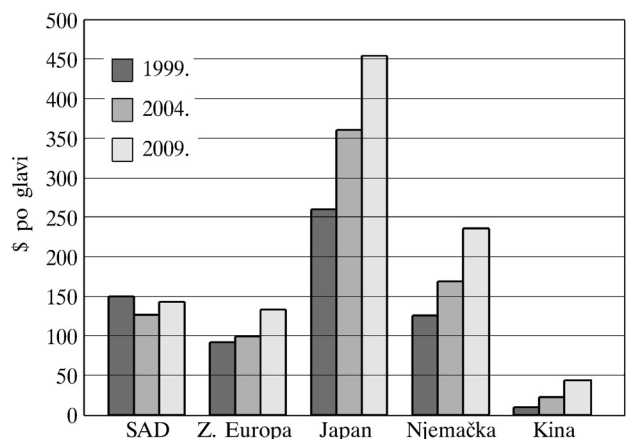
W. Hofmann: »Prema svim dostupnim podacima ta promjena je trajna i još će se pojačati u idućim godinama«. W. Hofmann očekuje daljnji porast udjela Azije na gotovo 50 % u 2009. godini.

ZVEI prognozira da će svjetsko tržište poluvodiča narasti u 2009. godini na 330 mrđ dolara, što odgovara ukupnom porastu od 55 % između 2004. i 2009. godine. W. Hofmann: »Iz toga se dobije za to razdoblje ipak bolji prosječni godišnji porast od +9,1 %. Amerika će predvidljivo ispodprosječno povećati svoj udio za ukupno 38 % na 54 mrđ dolara. Tržište Europe trebalo bi ponovno porasti za ukupno 37 % na također 54 mrđ dolara. Japan će najslabije rasti, predvidljivo ukupno za 27 % na 58 mrđ dolara. Azija ostaje veliki dobitnik i predvidljivo će porasti za ukupno 85 % na 164 mrđ dolara i »time biti najveće i jedino tržište u području troznamenastog prometa«, nastavlja W. Hofmann.

Prema ZVEI-u »potrošnja po glavi« (tj. relativni udio mikroelektronike u proizvodnji elektroničkih uređaja) u Japanu je 1999. godine iznosila 259 dolara po glavi (stanovniku), što je daleko ispred svih ostalih područja. Do 2004. godine porasla je potrošnja na 360 dolara/glavi. SAD, Zapadna Europa i Njemačka smjestile su se 1999. godine u sredini, predvodene SAD-om. Pri nazadovanju

SAD-a zbog slabljenja tržišta i to od 146 dolara/glavi u 1999. godine na 114 dolara po glavi u 2004. godini i laganim porastu u Zapadnoj Europi od 93 na 97 dolara/glavi, Njemačka se s porastom od 124 na 171 dolar/glavi znatno poboljšala i po prvi puta je preskočila SAD. Za 2009. godinu za sva područja računa se s porastom, pri čemu će se Njemačka, zahvaljujući jakoj autoelektronici, predvidljivo odmaknuti od sredine tablice.

Kina je, istina, najvažnija regija za porast, ali u 2004. godini s 22 dolara/glavi (1999. godine 7 dolara/glavi). Razina je niska, ali ipak pokazuje razvojni potencijal. Zajedno s ogromnim brojem stanovnika treba računati sa stvarno velikim apsolutnim vrijednostima moguće potrošnje mikroelektronike. Navedeno prikazujemo i u grafikonu.



Podu li se od prometa poluvodiča, od kojih je odvojeno njihova prerada (daljnja primjena) i okrenemo li se proizvodnji samih poluvodiča, dobiva se potpuno drukčija slika. Pri tome Hofmann pojašnjava da se navedene vrijednosti odnose isključivo na proizvodnju wafera. »Prerada poluvodiča u zadnjim godinama preselila se u Aziju i to naročito iz Amerike. Proizvodnja poluvodiča, naprotiv, dominantno se odvija u tvrtkama u Americi, što se predvidljivo ni u idućim godinama ne će promijeniti«.

Američke tvrtke utječu s gotovo polovinom prometa na događaje na svjetskom tržištu iako se udio smanjio. Udio američkih tvrtki se u razdoblju 1999. do 2004. godine smanjio, doduše, za 5 %, ali ipak u 2004. godini je iznosio još 46 %. Dvije najveće američke poluvodičke tvrtke (*Intel* i *TI*) same su proizvele u 2004. godini petinu svjetske mikroelektronike. 1999. godine imale su japanske poluvodičke tvrtke udio veći od jedne četvrtine svjetskog tržišta. U zadnjih pet godina su izgubile dio i danas drže još samo 21 % tržišta. Od toga su profitirali u manjoj mjeri europski proizvođači, koji su usprkos jakoj konkurenciji iz Azije svoj udio povećali za 2 % i dostigli

12 %. U većoj mjeri su rasle jugoistočne azijske poluvodičke tvrtke, koje su svoj promet povećale za 7 % i došle na 20 %.

Interesantno je promatrati koliko je velik udio, koji pojedine tvrtke proizvode na domaćem području. Prosječno je porastao od 1999. do 2004. godine za 2 % i dostigao 86 %. Najviši stupanj globalizacije u mikroelektronici postigli su američki proizvođači. Oni su 2004. godine proizveli još samo 69 % svojih wafera u Americi, to je u usporedbi s 1999. godinom za 2 % manje. W. Hofmann: »Podaci o planiranim investicijama američkih tvrtki pokazuju da trend ipak ide u smjeru gradnje novih kapaciteta u SAD-u i povećanja proizvodnje u vlastitoj zemlji«. Najveću promjenu u tome pokazali su europski proizvođači poluvodiča. Oni su preselili 4 % svojih proizvodnih kapaciteta u druge regije i proizvode još samo 71 % u Europi. Naprotiv, jasan porast proizvodnje u svojim domaćim tvornicama postigle su japanske i azijske tvrtke. U svim zemljama Azije, uključivo u Japanu, ta proizvodnja je porasla za 4 % i iznosi 96 %!

M&T, 6/2006

## Minijaturne gorivne ćelije nisu više utopija

Minijaturne gorivne ćelije s velikom gustoćom energije u budućnosti će poboljšati napajanje elektroničkih uređaja energijom. Jeftine, učinkovite, čiste i modularne trebaju biti primijenjene također kod napajanja energijom bežično umreženih senzora, kao i za prijenosne elektroničke aparate ili medicinske mikrosustave.

»Minijaturne gorivne ćelije u prijenosnim elektroničkim aparatima nisu više utopija; u dvije godine postale su stvarnost«, siguran je D. Eguchi iz *Toshibe*. U prošloj godini tvrtka je provela ispitivanja u stvarnim uvjetima i predstavila u Berlinu najmanju gorivnu ćeliju u svijetu za izravno napajanje gorivom metanolom, a za MP3-Player ili mobilne telefone. *Toshiba* nudi tu mini *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) u dvije izvedbe: manji model ima izmjere  $22 \times 5,6 \times 4,5$  mm, i deblju verziju koja sadrži integrirani spremnik metanola od 2 mL, pa mu je debljina porasla na 9,1 mm. Zasad je izlazna snaga takve ćelije oko 100 mW. U svojoj sadašnjoj izvedbi mogu ćelije (s 2 mL metanola čistoće 99,5 %) trajati 20 sati pri napajanju MP3-Playera. Plan *Toshibe* predviđa da se za dvije godine mobilni telefoni opremaju mini DMFC-ima.

Paralelno s tim planovima nastavlja *Toshiba* zajedno s japanskim opskrbljivačem, drugim po veličini, KDDI, raditi na projektu punjača za mobilne telefone temeljenog na gorivnoj ćeliji. Uređaj veličine  $117 \times 113 \times 25$  mm s integriranim spremnikom za metanol od 2 mL i težine 250 g imao bi snagu 1 W. Bio bi to od mreže neovisan punjač akumulatora mobilnih telefona, a proces punjenja bio bi upravljani i nadziran mikrokontrolerom.

S druge strane, u Njemačkoj je Savezno ministarstvo za obrazovanje i istraživanje (BMBF) s 20 mln eura poduprlo razvoj mikro gorivnih ćelija. Cilj projekta je razvoj djelotvornih, jeftinih i malih gorivnih ćelija s gorivom vodikom ili metanolom i njihova proizvodnja. Tražene su sljedeće osobine:

- električna snaga do najviše 100 W,
- težinska gustoća snage više od 200 W/kg,
- prostorna gustoća snage više od 150 W/L,

- gustoća energije veća od 1000 Wh/L,
- cijena ispod 4 eura po watu i
- najmanje trajanje 2000 h.

Iz natječaja BMBF-a proizlazi da se na temi mikro gorivnih ćelija u Njemačkoj do tada vrlo malo učinilo, što nije točno. U jesen prošle godine dr. ing. Robert Hahn iz Fraunhofer instituta za pouzdanost i mikrointegracije (IZM) za razvoj PEM mikro gorivne ćelije dobio je brončanu medalju za 2005. godinu. Taj izradak temelji se na waferlevel- i folijskoj tehnologiji. Iako je silicijski wafer kao noseći supstrat bio prisutan pri proizvodnji, gorivna ćelija sastoji se iz polimerske i kovinske folije.

»Mikro gorivna ćelija sastoji se iz tri komponente«, objašnjava dr. Hahn. Mikrostrukturirana donja folija (*Flowfield*) na strani anode služi za ulaz i raspodjelu goriva i istodobno vodi struju. Perforirana i mikrostrukturirana folija za odvod struje regulira izmjenu plina na strani katode i odvod struje. Između obje folije dolazi jedinica membrane i elektroda, a podijeljena je na izolirana područja.

S industrijski provjerenim procesima proizvodnje mogu se minijaturne gorivne ćelije, prema dr. Hahnu proizvoditi uz povoljne cijene. Model planarne gorivne ćelije tipa PEM je sa  $1 \text{ cm}^2$  u veličini nokta palca. U trajnom radu s vodikom daje stabilnu gustoću snage od  $80 \text{ mW/cm}^2$ . Uz najpovoljnije uvjete, prema izjavi istraživača u IZM-u, može davati čak  $160 \text{ mW/cm}^2$ . Da bi se dobio napon od 1,5 V, spajaju se tri ćelije u seriju i tada može zamijeniti galvansku ćeliju veličine dugmeta. U razvoju u IZM-u ide se u dva smjera: u jednom se anorganski materijali kao cink i kalijev hidroksid pretvaraju u jednoj ćeliji u vodik. Rade pritom s jednom baterijom oblika dugmeta tvrtke *Varta* koja je optimirana za kombinaciju s mikro gorivnom ćelijom. Oko  $4 \text{ cm}^3$  veliki sustav daje energiju od 2,1 Wh, tj. 2,3 puta veću energiju od alkalne baterije AAA i gotovo dvostruku energiju litijsko polimernog akumulatora.

Pored toga tim dr. Hahna radi i na gorivnoj ćeliji s metanolom i etanolom. Njima se postižu znatno više gustoće energije i time dulje vrijeme korištenja pri napajanju elektroničkih aparata. IZM radi na više projekata u tom području, posebno u kojima se mikrotehnologije prenose na sustave s tekućim gorivom.

M&T, 6/2006

## Razvoj minijaturne baterije

S nanobaterijama izvori za napajanje počinju se miniaturizirati kao i ostala elektronika. Tranzistor, koji datira iz 1947. godine smanjio se od ogromnog, pola inča visokog čuda na komponentu s dimenzijama koje idu do nekoliko stotina atoma u duljinu. *Bell Laboratories*, SAD, koji je napravio prvi tranzistor počeo se, ne tako davno, baviti rekonstrukcijom baterije. Cilj je primjenom tehnike korištene za izradu tranzistora, doći do masovne proizvodnje baterija koje bi se mogle uz druge komponente ugraditi na čip. Uređaj, nazvan nanobaterijom, smanjuje npr. veličinu elektroda na nanometarske mjere.

Jedan suradnik *Bell Labsa*, Tom Krupenkin, radio je prije na tekućim mikrolećama, koje se primjenjuju u kamerama mobilnih telefona. Te leće se sastoje od kapljice koja može mijenjati svoja fokalna svojstva mijenjanjem oblika pod utjecajem električnog istosmjernog napona

priključenog na površinu u kontaktu s kapljicom. Kao reakcija na napon, te tzv. *electrowetting* površine se mijenjaju od hidrofobičnih do hidrofiličnih.

Superhidrofobičnost je svojstvo koje npr. pomaže da se kapljice kiše kotrljaju po perju patke ili lišću lotosa. Na hidrofiličnim supstancijama se voda razlijeva. Na superhidrofobičnim materijalima kapljica se tako skuplja da želi biti sa što manjim dijelom svoje površine u doticaju s takvom površinom.

Znajući za takvo ponašanje kapljice na superhidrofobičnim površinama, T. Krupenkin je zaključio da elektrovlazjenje može pomoći da se kontrolira kemijska reakcija. Skicirao je koncept koji sadrži nizove nanometarskih stupića od superhidrofobičnog materijala kojim se može ostvariti elektrovlazjenje. Pod mikroskopom se to vidi kao polje ravno odrezane »nanotrave«. Takva nanotrava se može proizvesti standardnim tehnikama industrije mikročipova, razvijanih desetljećima. Priključenjem napona na tekućinu, znanstvenici bi mogli ostvariti učinak da stupići postanu hidrofilični i povuku kapljice u međuprostor između stupića. To je uvjeralo T. Krupenkina da bi ta tehnika mogla biti upotrijebljena za rad baterije.

Raspoložive baterije se sastoje od dvije elektrode, anode i katode, uronjene u otopinu elektrolita. Kemijskim reakcijama na elektrodama stvara se višak elektrona i pozitivnih iona što uzrokuje tok struje kroz trošilo priključeno između elektroda. Problem je, međutim, da se kemijske reakcije odvijaju i kada baterija ne napaja trošilo. Prosječni gubici baterije su 7 do 10 posto svake godine kada baterija nije u uporabi.

Tzv. rezervne baterije koriste fizičke barijere koje drže elektrolit dalje od elektroda do momenta kada se baterija počine koristiti, kako ne bi došlo do dugotrajnijeg djelovanja agresivnih elektrolita i do štete. Mehanička rješenja za razdvajanje elektrolita od elektroda vode do velikih i nesprenih oblika.

Pojava »nanotrave« nudi mogućnost izrade rezervne baterije koja se lako može minijaturizirati. I više od toga. Umjesto da reakcija počne u čitavom prostoru odjednom, istraživači mogu konstruirati takve baterije koje se aktiviraju samo djelomice u jednom momentu, objašnjava T. Krupenkin.

*Bell Labs* su došli 2003. godine u kontakt s tvrtkom *mPhase*, koja je prije bila proizvođač komponenti za komunikacije. Kako je to već postala potrošna roba, uprava tvrtke je odlučila da se prebaci na područje nanotehnologije.

U ožujku 2004. godine *mPhase* je potpisao ugovor o zajedničkom razvoju kako bi komercijalizirao nanobateriju. Dok je *mPhase* istraživao što potencijalni kupci očekuju od baterije, koja bi trebala biti profitabilan proizvod, *Lucent*, u sastavu kojeg je *Bell Labs*, osigurao je financijsku stranu posla.

U rujnu 2004. godine znanstvenici su već imali radni model u svom laboratoriju, koji je mogao davati struju. Da bi složili prototip, tim je kreirao oko 300 silicijskih stupića promjera oko nanometar s međusobnim razmakom od oko 2 mikrona. Za rad baterije koristili su otopinu koja se normalno koristi kod alkalnih baterija, sa cinkom kao anodom i dioksid manganom za katodu. Silicijsko dno između stupića bilo je prevučeno cinkom, dok su sami stupići prevučeni silicijevim dioksidom, koji

omogućuje upravljanje naponom naprave. Vrhovi stupića prevučeni su fluorokarbonom, koji je sličan teflonu i ima svojstva potrebna za elektrovlazjenje.

Stavljanje cinka na dno između stupića bio je veliki izazov. Za deponiranje kovine na specifične površine znanstvenici tipično koriste proces poznat kao galvaniziranje. Galvaniziranje nije moguće primijeniti na okside, kao što je silicijev dioksid u promatranoj bateriji. Mora se smisliti način kako držati silicijsko dno slobodno od silicijskog dioksida i omogućiti cinku da raste na njemu, i dopustiti silicijskim stupićima da se prekriju oksidom. Rješenje je bilo prekrivanje i dna i stupića oksidom, ali tako da bude sloj na dnu tanji. Oksid se poslije toga izjeda uporabom ioniziranog plina, tako da konačno dno ostane bez oksida.

Tome treba još dodati: nije moguće galvanizirati silicij. Tada su istraživači upotrijebili kemijsku tehniku za deponiranje nikla ili titana na dno kao sloj zametka za cink koji će se nanijeti galvanizacijom. Sloj cinka je rastao vrlo jednolično i nije bilo malih uzvisina te nije trebala dodatna obrada.

Nakon što su znanstvenici napravili prototip, započeli su razgovore s potencijalnim kupcima. To je dovelo do radikalne revizije projekta baterije. Početni oblik je bio sendvič s katodom gore, elektrolit cinkov klorid u sredini, »nanotrava« ispod njega i anoda na dnu. Naročito su ozbiljne primjedbe imali predstavnici vojske SAD-a, te je došlo do rekonstrukcije baterije. Nakon toga elektrolit ostaje gore, anoda i katoda zauzimaju fizički odvojene pruge na dnu, a nanosilicijska barijera je smještena između, koja, kada se aktivira, omogućuje elektrolitu prodiranje i potapanje elektroda.

Tim je prije originalno upotrijebio nanostupice za odvajanje elektrolita od anode. Ali, teškoće pri proizvodnji nanostupića baterije navele su brzo istraživače da umjesto toga razviju nanomembranu u obliku pčelinjeg saća za odvajanje elektrolita od elektroda. Izrada membrane za elektrovlazjenje s porama od 20 mikrona promjera i s tankom krhkom stijenom 600 nanometara širokom, također je bila izazov. Najprije su znanstvenici upotrijebili plazmu za nagrizanje delikatne sačaste strukture iz wafera silicija prekrivenog silicijevim dioksidom. Nakon toga je trebalo ukloniti dioksid iz šupljina i konačno prekriti membranu fluorokarbonom.

Istraživači su razvili svoj prvi rekonstruirani primjerak u listopadu 2005. godine. Jedna od velikih prednosti sustava je da on sada omogućuje timu da egzaktno odredi uvjete za narastanje sloja amida na anodi.

Znanstvenici ne vjeruju da će lako zamijeniti raspoložive baterije, budući da u masovnoj proizvodnji jedna AA baterija košta jedan dio centa. Umjesto toga cilja se na specijalne primjene kao što su npr. senzori bačeni iz vojnog zrakoplova koji detektiraju otrove ili zračenja. Također i za senzore koji dojavljuju ekološke promjene. Rezervne baterije za nuždu mogu biti integrirane u medicinske implantate, mobilne telefone ili radiodašiljače u ogrlicama ili pod kožom životinja – domaćih ljubimaca.

*mPhase* predviđa proizvesti uzorke za dvije do tri godine. Nanobaterija će pokazati koliko su izvori napajanja sposobni držati korak u minijaturizaciji koju vodi ostala elektronika.

Se Am february 2006

## Tržište pametnih kartica

Analitičari tvrtke *Frost & Sullivan* prognoziraju za pametne kartice (*Smart-card-IC*) godišnji prosječni porast tržišta od 14 % u razdoblju od 2003. do 2007. godine. Ukupni promet porastao bi od oko 1,3 mrd na oko 2,3 mrd dolara. Tehnološki gledano, kod kartica s beskontaktnim sučeljem će porast biti veći: 2004. godine bilo je 200 mln komada, a za 2009. godinu predviđa se 900 mln komada. Beskontaktna kartice će se prije svega primjenjivati u području financija, transporta i pristupa.

Što se tiče dominacije na tržištu, *Infineon Technologies* zadržala je i 2004. godine svoju poziciju, tj. ostaje i po sedmi puta na prvome mjestu. 38 % prometa u svijetu ostvario je pametnim karticama minhenski specijalist za poluvodiče i vodi ispred svoje konkurencije kao što su *Philips Semiconductors*, *Renesas Technology*, *Atmel* i *STMicroelectronics*. Od ukupnog broja kartica u 2004. godini, koji iznosi 2,7 mrd čipova, otpada 1,3 mrd (47 %) na *Infineon*.

Pokretačka sila za porast u 2006. godini su opet kartice SIM za mobilne telefone. Poznavatelji područja očekuju da će kartice SIM u sljedećih 5 godina rasti prosječno za 17 % godišnje, ali će im cijene biti pod velikim pritiskom.

Najveći porast tržišta u 2006. godini ostvarit će elektroničke putovnice i segment identifikacije, pri čemu će kratkoročno do 2010. godine identifikacija imati najveći porast. Elektroničkim putovnicama započinje SAD 2006. godine, a 25 drugih zemalja početak će iza toga za kraće ili dulje vrijeme. Promatrano prema područjima, pametne kartice nisu više u primjeni samo u Europi. Naročito su u Aziji u uporabi u transportu i u mobilnim komunikacijama.

M & T, 4/2006

## Elektromotori sa stalnim magnetima

Tvrtka *Yaskawa* razvila je novi tip sinkronog motora sa stalnim magnetima koji je, kako se navodi, manji, lakši i znatno ekonomičniji od asinkronog motora jednake snage. Tvrtka je uvjerenjena da takvi motori (*internal permanent magnet*, IPM) mogu zamijeniti asinkrone motore u mnogim primjenama.

Motori koriste stalne magnete umetnute u proreze u tijelu rotora, za proizvodnju magnetskog toka i njegovu

raspodjelu. U običnim asinkronim motorima moment se proizvodi strujom kroz namot rotora, koja izaziva gubitke, tj. toplinu.

U IPM motoru se moment proizvodi magnetskim tokom stalnih magneta i u rotoru se ne proizvodi toplina. Rezultat je stroj s korisnošću od oko 94,5 % pri nazivnoj brzini vrtnje (u usporedbi sa oko 92,4 % za asinkroni motor visoke korisnosti) i 92,1 % pri 40 % brzine vrtnje (u usporedbi sa 87,1 %).

U *Yaskawi* izjavljuju da su IPM strojevi do 55 % manji i 40 % lakši od asinkronih strojeva iste snage. Navode se i druge prednosti kao visoki faktor učina, smanjeno održavanje jer nema namota na rotoru, smanjeno zagrijavanje osovine i dvostruko dulje trajanje maziva za ležajevе. Visoka korisnost i manje topline zahtijeva slabije hlađenje, što dodatno smanjuje buku.

Motori IPM se upravljaju posebnim uređajima – invertorima. Za primjene kao što su ventilatori, crpke i kompresori, invertori mogu raditi i bez senzora. Za pogone kao što su alatni strojevi, ekstruderi i dizala, potrebni su enkoderi i senzori magnetskih polova kako bi se postigla brza regulacija i pri malim regulacijskim pogreškama.

Prve primjene se očekuju kod:

- alatnih strojeva, gdje IPM motori mogu biti upotrijebljeni radi štednje prostora, kod direktnih pogona vretena velike brzine da bi vibracije bile manje i da bi se pri kočenju energija mogla vraćati u mrežu,
- dizala, gdje kompaktne, ekonomične, bezbučne motore treba ukomponirati u okno dizala tako da otpada potreba za strojarnicom,
- dizalica, gdje se traži mala težina, male dimenzije, visoka korisnost i jednostavno održavanje,
- ventilatora, crpki i kompresora, koji rade dugotrajno.

Velika gustoća snage IPM motora, omogućila je tvrtki proizvodnju kratke verzije, tj. pločastih motora. Oni su namijenjeni bezreduktorskim pogonima dizala. Prema *Yaskawi*, korisnost pri direktnom pogonu s IPM motorom kod brzih dizala je tipično oko 90 % u usporedbi sa 77–86 % kod običnih 4-polnih asinkronih motora sa zupčaničkim reduktorom. Kod sporih dizala IPM motor radi sa oko 82 % korisnosti u usporedbi sa 60–68 % za asinkroni motor s pužnim reduktorom. Zasad su na raspolaganju IPM motori od 400 W, 200 V do 160 kW, 400 V.

D&C, January 2006