

Electrostatica

TOT CEEA CE ESTE NECESAR DE STIUT DESPRE ELECTROSTATICA!!!

Introducerea...

Istoria catorva descoperiri si Aplicatiile electrostaticii:

- inventia pilei
- laserul si aplicatiile lui
- laserul cu semiconductori
- imprimanta laser
- fenomene naturale
- Filtre electrostatice
- Fotocopiatorul
- Generatorul van de Graaff
- Aplicatii tehnice ale electrostaticii

Introducere în electrostatica

ELECTRONUL CONSTITUENT UNIVERSAL AL SUBSTANTEI

Exista in natura o particula identificabila prin urmatoarele marimi caracteristice invariabile:

$m_e = 9,1091 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
$e = -1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
$e/m_e = -1,7589 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$

Aceste valori se obtin intotdeauna cand se efectueaza masuratori asupra electronului. Astfel toti electronii sunt identici. Se cunosc astazi nenumarate fenomene care dovedesc ca electronul este nelipsit din constitutia substantei. Prezenta electronului se manifesta in toate fenomenele electrice. El poate fi scos din substanta printr-un numar mare de metode:

Electrizarea corpurilor, cunoscuta inca din antichitate, este un proces prin care se transfera, prin frecare, electroni de la un corp la altul. Acest proces poate sa electrizeze picaturile de ulei in timp ce este privita la microscop. Poate fi folosit si pentru detectarea si masurarea intensitatii luminoase.

Efectul termoelectronic consta in emisia de electroni din corpurile incalzite la incandescenta. Fenomenul este prezent in toate becurile electrice cu incandescenta si este utilizat in tuburile electronice din aparatele de radio si T.V.

Radioactivitatea. Exista unele substante, denumite radioactive care emit radiatii invizibile, dar capabile sa innegreasca hartia fotografica sau sa ionizeze aerul prin care trece radiatia. S-a dovedit ca aceste radiatii nu sunt omogene fiind compuse din asa-numitele radiatii α , β si γ . Cercetarile au dovedit ca radiatiile α sunt incarcate cu doua sarcini electrice elementare pozitive si ca au masa atomica 4, ceea ce le dezvaluie natura: ioni de heliu dublu ionizati. Radiatia β este formata din electroni rapizi. Radiatia γ nu este deviata de campurile electrice si magnetice; ea este neutra din punct de vedere electric si este de natura electromagnetica (ca si lumina).

Inventia pilei

EXPERIENȚELE LUI GALVANI

În 1791, Luigi Galvani (1737-1798) a făcut o observație întâmplătoare pe care a publicat-o de-abia în 1791 în memoriul *De viribus electricitatis in motu musculari*.

"După ce am disecat și preparat o broască, am pus-o pe o masă pe care se găsea, la o oarecare distanță, o mașină electrică. Din întâmplare, unul dintre asistenții mei a atins cu vârful scalpului nervul crural intern al broastei: imediat mușchii membrelor au fost agitați de convulsii violente." Unui alt asistent "i s-a părut că a observat în același moment cum din conductorul mașinii a sărit o scântei. Eu eram ocupat atunci cu altceva, dar când mi s-a atras atenția asupra acestui fapt, dorii mult să încerc eu însumi experiența și să-i descopăr principalul ascuns."

Deci Galvani și-a dat seama imediat că fusese o descoperire importantă. Descoperise un detector extrem de sensibil la curenți, sau la descărcări electrice, al căror studiu era încă defectuos; acest detector urma să-i dezvăluie curând un mod de producere a electricității (în afara frecării și a influențelor electrostatice, cunoscute pe atunci). El s-a apucat imediat să varieze condițiile experimentale.

Într-o zi bătută de furtună, el a constatat că electricitatea atmosferică putea produce aceleași efecte ca și mașina sa. Pe vreme liniștită nu a putut observa nici un fenomen, până într-o zi, când, după ce fixase în maduva spinării unei broaste un carlig de cupru, a închis circuitul agățând carligul de un grilaj de fier: spasmele au apărut în aceeași clipă.

La început, Galvani a atribuit aceste efecte, destul de ușor de reprodus, variațiilor stării electrice a atmosferei "fiindcă este destul de ușor ca atunci când facem experiențe să ne înșelăm și să ne închipuim că vedem ceea ce dorim să vedem."

"Am adus atunci animalul într-o cameră închisă și l-am pus pe o placă de fier. Când am atins placa cu carligul de cupru fixat în maduva spinării, am observat aceleași contractii spasmodice ca și mai înainte. Am încercat și cu alte metale și am obținut același rezultat, mai mult sau mai puțin violent. Nu se producea nici un efect atunci când se foloseau materiale neconductoare. Acest fapt, destul de surprinzător, m-a făcut să banuiesc că electricitatea era inerentă animalului, banuială care mi-a fost confirmată când am observat că un fel de circuit nervos foarte fin (asemănător cu circuitul electric al buteliei de Leyda) se închide între nervi și mușchi atunci când se produc contractiile."

Galvani s-a preocupat toată viața lui de teoria electricității animale și de comparația cu butelia Leyda, nervul fiind armatura internă, iar mușchiul armatura externă.

INTERVENȚIA LUI VOLTA

Pe vremea aceea, Alessandro Volta (1745-1827) era, încă din 1779, profesor la Universitatea din Pavia. El descoperise în 1771 electroforul, prima mașină electrică cu influență - mai comodă din multe puncte de vedere decât mașinile cu frecare - care i-a dat posibilitatea atât lui, cât și contemporanilor lui, să facă numeroase experiențe noi. În 1781, Volta construise un electrometru sensibil cu fire de pai, care nu era decât o perfecționare a unui aparat al lui Dufay și care a fost transformat, la rândul lui, în 1787, de Bennet, într-un electrometru cu foite de aur. În 1782, după ce a subțiat la extrem lama izolantă a electroforului, transformând-o într-un simplu strat de lac care acoperea o placă metalică, Volta și-a realizat "condensatorul" sau. Cuvântul - devenit clasic - îi aparține lui, însă aparatul nu se deosebește în principiu de placa de sticlă a lui Franklin. Cu ajutorul acestui condensator asociat cu un electrometru, Volta urma să pună mai târziu în evidență, în fine, eudiometrul, cu ajutorul căruia s-a făcut sinteza apei prin scântei.

În 1792, Volta înțelege importanța descoperirii lui Galvani, îi reface experiențele și îi acceptă teoria. Precizând observațiile făcute în 1754 de elvețianul Sulzer, el observă, în 1793, că dacă se pune limba între două runde metalice de natură diferită, legate printr-un fir metalic, se simte o senzație acida sau alcalină (după ordinea celor două metale) și că senzațiile sunt aceleași dacă se pune limba pe un conductor care comunică cu polul negativ sau pozitiv al unei mașini electrice. Aceste experiențe foarte simple i-au permis să schițeze o clasificare "electrică" a metalelor.

Toate acestea l-au determinat ca la sfarsitul anului 1793 sa respinga complet teoria "electricitatii animale" a lui Galvani. El demonstreaza ca muschii broastei nu se contracta daca "arcu" care inchide circuitul este construit dintr-un singur metal bine recopt.

PRIMA PILA ELECTRICA

Expresia cea mai clara a ideilor pe care le avea Volta, cu putin inainte de inventarea pilei, o gasim intr-o scrisoare adresata lui Green, scrisa in 1796:

"Atingerea diferitilor conductori, in special metalici..., pe care i-as numi conductori uscati, sau de prima categorie, cu conductorii umezi, sau de categoria a doua, provoaca fluidul electric si ii imprima un anumit impuls, sau o anumita incitare. N-am posibilitatea sa explic deocamdata cum de se-ntampla acest lucru, dar este de ajuns ca avem de-a face cu un fapt, si inca un fapt general. Aceasta incitare - fie ea ca o atractie, o repulsie sau un impuls oarecare - este variata si inegala atat in raport cu diferenta dintre metale, cat si cu diferentii conductorii umezi... In felul acesta, ori de cate ori se asaza intr-un sir complet de conductori fie un conductor de a doua categorie intre cei doi conductori de categoria intai, diferiti intre ei, fie un conductor din prima categorie intre doi conductori din a doua categorie de asemenea diferiti intre ei, se stabileste - la dreapta sau la stanga, dupa forta predominanta - un curent electric sau o circulatie a acestui fluid, care nu inceteaza decat rupand sirul si care se restabileste imediat, de fiecare dat cand sirul este refacut."

Principiul nu putea fi degajat mai limpede, insa efectele observate continuau sa ramana reduse: muschii de broasca si senzatiile gustului pe limba erau deocamdata detectorii cei mai folositi. In acelasi an insa, in 1796, Fabbioni din Florenta observa ca daca se scufunda in apa doua lame din metale diferite care se ating intre ele, atunci una din ele - zincul de exemplu - se oxideaza. El a inteles ca intre cele doua fenomene, electric si chimic, trebuia sa existe o legatura.

La inceputul anului 1800, Volta si-a inventat pila. Intensitatea fenomenelor observate devenea spectaculoasa si urma sa atraga atentia lumii intregi. Prima publicare a descoperirii sale a fost facuta intr-o scrisoare adresata in martie 1800 lui Sir Joseph Banks, presedintele lui Royal Society. Se stie ca aparatul lui era o pila din perechi de discuri zinc-cupru in contact direct, fiecare pereche fiind separata de urmatoarea prin carton umed.

Laserul si Aplicatiile lui

Dispozitivul cu denumirea de LASER (obtinuta din reunirea initialelor cuvintelor Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation: amplificarea de lumina prin emisie stimulata de radiatie) este sursa care realizeaza emisia unei radiatii I.R. vizibile sau U.V. de cea mai mare monocromaticitate posibila.

Sa consideram o multime de atomi de sisteme cuantice care pentru simplificare, presupunem ca au doar doua nivele de energie. Toti atomii fiind identici, au aceeasi distanta intre cele doua nivele de energie (DE).

Presupunem de asemenea pentru început ca toți atomii se găsesc în stare fundamentală. Inexistența atomilor pe starea superioară face ca la o iradiere cu radiația de rezonanță (perturbare) $n=1/h \cdot DE$ să se petreacă numai tranziții de jos în sus. Rezultă o absorbție de energie, fasciculul ce străbate această colecție de atomi va ieși atenuat. Dacă am presupune că am reușit să ducem toți (sau cel puțin majoritatea atomilor) pe nivelul superior, atunci radiația incidentă, de frecvență de rezonanță, va determina tranziții stimulate, de sus în jos. Va rezulta astfel un fascicul de radiație mai intens decât cel incident. Obținem astfel un fenomen de amplificare a radiației.

Problema cheie este deci realizarea situației în care în starea superioară să se găsească un număr mai mare de atomi decât în starea inferioară. Aceasta corespunde unei situații de neechilibru și deci nu poate să persiste decât dacă se consumă energie pentru menținerea ei. Procesul prin care se realizează această situație de neechilibru (denumită și inversiune de populație - inversiune a numărului de atomi, dintr-un ansamblu de atomi identici, care se găsesc într-o stare determinată de energie) se numește pompaj. Am putea compara procesul de pompaj cu procesul chimic dintr-o pilă electrică, care menține o stare de dezechilibru prin continuă separare a purtătorilor de sarcină electrică din interiorul ei.

Dezvoltând analogia, putem spune că menținerea unei tensiuni constante la bornele pilei se realizează doar dacă "viteza de separare" a purtătorilor din pilă este mai mare ca viteza de revenire a lor prin circuitul exterior. La fel și aici, procesul de pompaj va trebui să fie mult mai intens decât cel de dezexcitare. Această condiție se poate asigura dacă unul dintre nivelele atomului (sau sistemului cuantic) este un nivel metastabil, care în consecință determină o dezexcitare mai lentă (viața medie mai ridicată ca cea normală).

PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE AL LASERULUI:

Orice corp iradiat va emite o putere mai mică decât puterea incidentă, datorită pierderilor, care până la urmă, duc la încălzirea corpului. Să examinăm însă cu mai multă atenție bilanțul energetic al fenomenelor.

Să presupunem că trimitem asupra unui corp o radiație electromagnetică ai cărei fotoni au energie $h \cdot \nu$, egală cu diferența dintre energiile E_2 și E_1 ($E_2 > E_1$) a două nivele. Dacă notăm cu I_n numărul de fotoni incidenti, de energie $h \cdot \nu$, în unitatea de timp, atunci puterea radiației incidente este $P_{inc} = I_n \cdot h \cdot \nu$. O parte din acești fotoni vor fi absorbiți de atomii aflați pe nivelul inferior E_1 , provocând tranziția acestora pe nivelul E_2 . Desigur, numărul tranzițiilor $E_1 \rightarrow E_2$ în unitatea de timp va fi proporțional cu numărul fotonilor incidenti I_n și cu numărul N_1 de atomi aflați în starea E_1 . Notând coeficientul de proportionalitate cu B_{12} , puterea absorbită (consumată pentru excitarea atomilor) este $P_{inc} = B_{12} \cdot I_n \cdot N_1 \cdot h \cdot \nu$. O parte din atomii aflați în starea energetică E_2 vor reveni spontan pe nivelul E_1 fie radiativ, fie neradiativ. Pentru simplificare, vom analiza numai dezexcitările radiative. Fotonii emiși cu această ocazie au aceeași energie $h \cdot \nu$, iar numărul lor va fi evident proporțional cu numărul N_2 de atomi aflați pe nivelul energetic E_2 . Dacă vom nota cu A_{21} coeficientul de proportionalitate, atunci puterea emisă de corp prin dezexcitarea spontană va fi $P_{inc} = A_{21} \cdot N_2 \cdot h \cdot \nu$. Ea nu depinde de intensitatea radiației incidente I_n . O altă parte din atomii de pe nivelul E_2 se vor dezexcita în urma acțiunii fotonilor incidenti (emisie stimulată). Luând tot numai cazul radiativ, numărul fotonilor astfel formați va fi proporțional de asemenea cu N_2 , dar și cu numărul I_n al fotonilor ce provoacă această emisie stimulată. Notând cu B_{21} coeficientul de proportionalitate, puterea emisă prin tranziții induse va fi $P_{inc} = B_{21} \cdot I_n \cdot N_2 \cdot h \cdot \nu$. Marimile B_{12} , A_{21} , B_{21} se numesc coeficienții lui Einstein și au, printre altele, proprietatea $B_{21} = B_{12}$.

Puterea emisă de sistemul iradiat este: $P_{emis} = P_{inc} + P_{spont} + P_{ind} - P_{excit}$,

de unde $P_{emis} = P_{inc} + A_{21} \cdot N_2 \cdot h \cdot \nu + B_{21} \cdot I_n \cdot (N_2 - N_1) \cdot h \cdot \nu$.

În cazul surselor obișnuite (corpuri incandescente, descărcări în gaze, flăcări etc.), cel mai important termen este cel corespunzător emisiei spontane. Însă pentru a realiza o sursă în care puterea emisă să fie mai mare decât puterea incidentă, în primul rând trebuie ca ultimul termen - singurul care ar putea aduce o contribuție negativă la suma - să fie pozitiv adică $N_2 > N_1$; cu alte cuvinte, este necesar în primul rând să se realizeze o inversiune a populațiilor între cele două nivele. În al doilea rând, pentru a avea, practic, numai emisie stimulată sau, cu alte cuvinte pentru ca emisia spontană să fie neglijabilă, trebuie ca termenul

$A_{21} \cdot N_2 \cdot h \cdot \nu$ sa fie neglijabil fata de ultimul. Aceasta se poate realiza marind considerabil intensitatea radiatiei incidente I_n . Valoarea lui I_n pentru care se realizeaza conditia de mai sus se numeste intensitate de prag. Ea se calculeaza pentru fiecare dispozitiv in parte, iar in calculul ei intra si coeficientii de reflexie ai suprafetelor. Asadar, daca folosim o anumita sursa de energie, realizam inversiunea de populatie intre doua nivele energetice ale atomilor unui mediu dat (care in acest caz se mai numeste si mediu activ), iar intensitatea radiatiei incidente depaseste intensitatea de prag, puterea radiata de mediu activ poate deveni mai mare decat puterea incidenta si obtinem in acest fel un amplificator cuantic de radiatie prin emisie stimulata (LASER). Daca in urma iradierii mediului activ cu o radiatie de o anumita frecventa, el furnizeaza o radiatie laser de o alta frecventa (in genral mai mica) in sa de asemenea mult mai intensa, dispozitivul se numeste generator cuantic de radiatie.

Scurt istoric. Introducere in problematica LASER.

Despre efectul LASER se cunosc deja foarte multe. Aceasta ramura a stiintei s-a dezvoltat foarte mult de la inceputurile sale (1955-1965) si pana in ziua de astazi. Desi bazele teoretice erau mai mult sau mai putin stabilite, primii care reusesc sa concretizeze toate teoriile si presupunerile au fost doi rusi si un american.

In ordine sunt prezentati Charles H. Townes (Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, MA, USA; nascut in 1915), Nicolay Gennadiyevich Basov (Lebedev Institute for Physics Akademija Nauk Moscow, USSR; nascut in 1922) si Aleksandr Mikhailovich Prokhorov (Lebedev Institute for Physics Akademija Nauk Moscow, USSR; nascut in 1916). Cei trei au impartit premiul Nobel atribuit in 1964 pentru "cercetarile fundamentale in domeniul electronicii cuantice care au condus la construirea oscilatoarelor si a amplificatorilor bazati pe principiul maser-laser".

Partea teoretica este usor de gasit in majoritatea manualelor, cursurilor si compendiilor de fizica existente asa ca lucrarea de fata nu se va concentra asupra acestui aspect. Principiul LASER consta in faptul ca atomii elibereaza energie sub forma de fotoni atunci cand parcurg tranzitia de pe un nivel de excitare metastabil spre un nivel de echilibru. Aceasta tranzitie se face sub influenta unui factor declansator si de aceea emisia de energie se numeste emisie stimulata sau emisie indusa. Odata pornita reactia aceasta se propaga sub forma piramidala astfel, un foton emis de un atom dezexcitat va declansa reactia la altul, acesta la randul lui va emite un foton si il va elibera si pe cel incident. Avem doi fotoni care se vor inmulti exponential. Astfel se produce o amplificarea a radiatiei luminoase.

Realizarea practica a dispozitivelor LASER. Tipuri de laser.

Partile constitutive ale unui laser sunt : mediul activ, sistemul de excitare si rezonatorul optic. Partea esentiala a unui dispozitiv laser o constituie mediul activ, adica un mediu in care se gasesc atomii aflati intr-o stare energetica superioara celei de echilibru. In acest mediu activ se produce amplificarea radiatiei luminoase (daca avem o radiatie luminoasa incidenta) sau chiar emisia si amplificarea radiatiei luminoase (daca nu avem o radiatie luminoasa incidenta). Sistemul de excitare este necesar pentru obtinerea de sisteme atomice cu mai multi atomi intr-o stare energetica superioara. Exista mai multe moduri de a realiza excitarea atomilor din mediul activ, in functie de natura mediului. Rezonatorul optic este un sistem de lentile si oglinzi necesare pentru prelucrarea optica a radiatiei emise. Desi la iesirea din mediul activ razele laser sunt aproape perfect paralele rezonatorul optic este folosit pentru colimarea mult mai precisa, pentru concentrarea razelor intr-un punct calculat, pentru dispersia razelor sau alte aplicatii necesare.

Dupa natura mediului activ deosebim mai multe tipuri de laser. Printre acestea regasim laserul cu rubin, la care distingem bara de rubin tratat drept mediul activ iar ansamblul sursa de lumina plus oglinzi poarta rolul de sistem de excitare. Laserul cu gaz foloseste amestecuri de gaze rare (He, Ne, Ar, Kr) sau CO₂ drept mediu activ si o sursa de curent electric legata la doi electrozi iau rolul de sistem de excitare.

LASER-ul cu semiconductori. Aprecieri teoretice.

Laserul cu semiconductori este constituit ca și celelalte tipuri de laser tot pe sablonul mediu activ, sistem de excitare, rezonator optic. În acest caz un amestec semiconductor este folosit ca mediu activ. Cel mai adesea se folosesc combinații de metale din aceleasi perioade ale grupelor IIIa și Va. Dintre acestea semiconductorul cel mai folosit este cel format din Galiu și Arsenic (GaAs). Alte medii active au fost obținute atât din amestecuri ale elementelor grupelor IIa și VIa (Zinc și Seleniu - ZnSe) cât și din amestecuri de trei sau patru elemente. Ultimele două sunt mai adesea folosite pentru emisia unor radiații mult mai precise din punct de vedere al lungimii de undă. Sistemul de excitare este constituit din două straturi de semiconductori, unul de tip p și unul de tip n. Pentru a înțelege mai bine aceste două noțiuni trebuie amintite câteva considerente teoretice cu privire la fizica solidului, în special principiul semiconductorilor. Semiconductorii sunt o clasă de materiale larg folosite în electronica datorită posibilității controlului proprietăților electrice. Rezistivitatea electrică a unui semiconductor scade odată cu creșterea temperaturii iar valoarea ei poate fi modificată în limite foarte largi (10⁻² - 10⁸ W cm). Într-un semiconductor foarte pur, conductibilitatea electrică este dată de electronii proprii, numiți și conductibilitate intrinsecă, iar în cazul materialelor impurificate avem de-a face cu o conductibilitate extrinsecă. Conductibilitatea intrinsecă poate fi explicată pe scurt astfel. La 0K, electronii sunt așezați în legăturile covalente formate între atomii semiconductorului intrinsec. Odată cu creșterea temperaturii unii electroni se rup din legături fiind liberi să circule în tot volumul cristalului. Se produce un fenomen de ionizare, iar în locul electronului plecat rămâne un gol. Imediat el se ocupă cu un alt electron alăturat, golul se deplasează o poziție. Dacă aplicăm un câmp electric în semiconductor, electronii liberi se vor mișca în sens invers câmpului, dar și golurile vor forma un curent pozitiv de același sens cu câmpul. Cel mai interesant fenomen îl reprezintă modificarea spectaculoasă a rezistivității electrice a semiconductorilor prin impurificare. Astfel, dacă din 10⁵ atomi de Siliciu unul este înlocuit cu un atom de Bor, rezistivitatea siliciului scade, la temperatura camerei, de 1000 de ori !!! Impurificarea reprezintă o problemă specifică și fundamentală a fizicii și tehnologiei semiconductorilor. Dacă impurificăm Germaniul (grupa IVa, patru electroni de valență) cu un element din grupa a 5-a (cinci electroni de valență) vom obține un amestec cu un electron de valență liber. Această impuritate constituie un donor. Semiconductorul astfel impurificat este de tip n, iar nivelul său de energie este mai aproape de zona de conducție. Dacă impurificarea este făcută cu atomi din grupa a 3-a (trei electroni de valență), acesta se va integra în rețeaua cristalină cu doar trei legături covalente, rămânând, deci, un gol capabil de a captura electroni în jurul atomului trivalent. Din această cauză atomii acestui tip de impurități au primit numele de acceptori. Într-un semiconductor astfel impurificat vor predomină sarcinile pozitive, de unde numele de semiconductor de tip p. Joncțiunile p - n sunt ansambluri formate prin alipirea unui semiconductor de tip p cu unul de tip n. Zona de separare, interfața, are dimensiuni de ordinul 10⁻⁴ cm. La suprafața semiconductorului n apare un surplus de electroni iar la suprafața semiconductorului p un surplus de goluri. Astfel apare tendința de compensare a acestora prin difuzia electronilor de la un semiconductor la celălalt.

Laserul cu semiconductori. Construire. Considerații practice.

Revenind la laserul cu semiconductori, având stabilită o bază teoretică minimală putem trece la detalierea practică a principiilor enunțate anterior.

Laserul cu conductori este, de fapt, un sandwich format din 3 straturi de semiconductori la care se adaugă elementele sistemului de excitare. La acest tip de laser energia necesară excitării sistemului de atomi din mediul activ cât și factorul declanșator sunt date de curentul electric care se aplică, conform figurii. Datorită faptului că acest sandwich corespunde modelului clasic de diodă, de aici încolo se va folosi și termenul de diodă.

Randamentul unei astfel de diode este în jurul a 30% dar amplificarea este destul de mare. Curentul necesar trebuie să aibă o densitate de câteva mii de amperi pe centimetru dar având în vedere că o dioda laser are dimensiuni foarte mici, curentul necesar este adesea sub 100mA. Pentru a obține rezultate satisfăcătoare, în practică se folosesc mai multe straturi decât se prezintă în figura. Când privește stratul activ, lungimea lui nu depășește 1 mm, iar grosimea sa este, în funcție de model, de la 200 până la 10 nm. În general grosimea stratului activ variază între 200 și 100 nm. Datorită faptului că este atât de subțire, fasciculul emis este foarte divergent (pentru un laser) și astfel laserul cu semiconductori se bazează foarte mult pe rezonatorul optic ce trebuie ales cu mare grijă și trebuie poziționat foarte precis pentru a obține performanțe maxime. De obicei un sistem format din două lentile plan-convexe poziționate cu fețele convexe una spre cealaltă la anumite distanțe calculabile este suficient pentru a obține un fascicul destul de bine colimat cu razele aproape perfect paralele.

Din desenul de mai sus se poate observa că emisia laser se face în două direcții. Acest fenomen este tratat în mod diferit în funcție de necesități. Se poate crea o cavitate rezonantă prin poziționarea unei oglinzi perfecte și a unei semitransparente, se poate folosi emisia "din spate" pentru a măsura proprietățile fasciculului principal, se poate folosi aceeași emisie din spate pentru a măsura și controla curentul ce trece prin dioda. Diodele laser sunt foarte sensibile la curent și de aceea controlul strict asupra acestora este absolut necesar. Uneori este necesară doar o variație mică a tensiunii sau a puterii și dioda se va arde.

Diodele laser sunt poate, cele mai fragile dispozitive de emisie laser. Faptul că stratul activ are, de fapt, mărimea unei bacterii este cel ce stă la baza afirmației anterioare. Acest strat poate fi ușor distrus prin supunerea la curenti neadecvați, prin influențe electrostatice, prin încălzire excesivă. Stratul activ se poate autodistrage chiar și fără prezența vre-unuia din factorii enumerați mai sus. Simpla emisie a luminii poate vaporiza acest strat minuscul dacă lumina emisă este prea puternică.

O dioda, deși minusculă, poate dezvolta puteri ale luminii de până la 3-5 mW. Deși sunt mai rare și mult mai scumpe, diodele ce dezvolta zeci de mii de mW există și se găsesc în inscripțiile de CD și în alte instrumente și aparate de profil. În ceea ce privește divergența fasciculului, în prezent, majoritatea pointerelor reușesc performanța de a păstra divergența la sub un mm la fiecare 5 metri. Spectrul de culori acoperit de laserii cu semiconductori este în zona roșie 630-780 nm dar nu este limitat numai aici.

Laseri verzi sau chiar albaștri există și sunt intens cercetați. Problema este că diodele de verde și albastru au o viață efemeră (cele mai performante ating doar câteva sute de ore) și funcționează la temperaturi scăzute (apropiate de 0K). Fata de clasicul GaAs (care emite în roșu-IR), pentru laserii albaștri se preferă ZnSe și GaN. Primul a fost exclus treptat din cercetări datorită rezistivității mari, consumului mare de energie, randamentului mic și a multor alți factori descoperiți experimental.

Ultimele cercetări s-au concentrat pe GaN, iar de când prof. Shuji Nakamura a realizat primul montaj practic și fiabil pentru generarea laserului albastru, cercetările au luat amploare. Un fapt inedit, la data realizării diodei pentru laserul albastru, în 1993, Shuji Nakamura nu avea nici măcar un doctorat în buzunar, era doar un simplu cercetător pierdut într-un laborator al unei firme japoneze obscure. Recent, prof. Nakamura s-a alăturat colectivului profesoral de la Colegiul de Inginerie al Universității Californiene din Santa Barbara, SUA.

Revenind la laserii uzuali, trebuie menționate și o serie de pericole ce pot apărea chiar și pe lângă laserii cu semiconductori care sunt cunoscuți a fi mai puțin puternici. S-a calculat că o dioda obișnuită are o putere mult mai mare chiar și decât a soarelui la ecuator. Toate amestecurile din stratul activ au o putere de emisie mult mai mare decât a aceleiași cantități de suprafață solară. Diodele prezente pe piață fac parte din clasele II și IIIa, ceea ce înseamnă că prezintă risc scăzut de vătămare la operarea conformă cu manualul și la expunerea fugară, efemeră a ochiului în raza laser. Totuși, trebuie avut în vedere că orice expunere îndelungată produce vătămări punctiforme ale retinei și nu este nevoie de efecte imediate pentru ca

retina sa fie vatamata. Regula numarul unu in lucrul cu laserii, nu se priveste direct in raza laser chiar daca nu se simte nici o durere sau chiar daca raza este palida. **CULOAREA SI STRALUCIREA RAZELOR LASER NU AU NICI O LEGATURA CU PUTEREA RADIATIEI.** Aceste doua proprietati sunt date de lungimea de unda a radiatiei care nu influenteaza in mod decisiv puterea laserului. Pot exista laseri cu o culoare roz palida care sa fie mai nocivi decat cei mai aprinsi si rosiatici laseri. Intre "laseristi" exista o gluma: "Regula numarul unu in lucrul cu laserii: Nu te uita niciodata direct in raza laser cu unicul ochi ramas intreg!".

Utilizarea laserilor cu semiconductori. Aspecte pozitive si negative ale acestei tehnologii.

Diodele sunt larg raspandite. Faptul ca sunt ieftin de produs, usor de folosit si foarte ieftin de folosit duce la producerea lor in masa si includerea lor in cele mai multe aparate electronice ce au nevoie de laseri. Lecturatoarele de cd, fie ele CD-ROM-uri sau CD-playere, sunt toate prevazute cu diode laser. Playerele DVD au, deasemenea, diode laser, doar ca acestea emit fascicule mult mai fine. CD-Writer-ele si CD-ReWriter-ele folosesc diode ce emit laseri apropiati de IR (800 nm) si puteri de cativa W. Aceleasi diode, dar de puteri ceva mai mici, sunt prezente si in imprimantele cu laser. Alte produse care folosesc laseri emisi de diode sunt cititoarele de coduri de bare (Bar-Code Readers), unele Scannere, Pointerele etc. Poate cel mai important folos, dupa CD/DVD-playere, este cel adus in comunicatiile prin fibra optica. In cadrul fiecarui emitor pe fibra optica se afla o dioda laser. Mai nou s-a inceput folosirea diodelor si in medicina si in holografie. Diodele nu sunt folosite in aplicatiile militare (Radar, ghidare rachete, transmisiuni de date prin eter etc.), aplicatiile astronomice (distante cosmice si determinari de compozitii), efectele speciale de anvergura si holografia de mare intindere datorita puterii limitate relativ mici pe care o dezvolta.

Concluzii.

Laserul cu semiconductori este o alternativa ieftina si fiabila la laserii cu gaz. Marimile reduse, costurile mici de fabricatie si utilizare cat si longevitatea lor confera diodelor atuuri importante in "lupta" cu celelalte dispozitive de emisie laser. Singurele dezavantaje fiind puterile relativ mici si fragilitatea, diodele sunt si vor fi cercetate extensiv pentru a fi imbunatatite. Pentru noi este important sa intelegem cum functioneaza un astfel de dispozitiv, la ce este folosit si incotro se indreapta cercetarile pentru a ne familiariza inca de pe acum cu acest tip de laser pe care il vom intalni din ce in ce mai des in viata noastra de zi cu zi. Este important sa cunoastem pericolele pe care le aduce cu sine o dioda laser precum si factorii care pot perturba buna functionare a acesteia pentru a sti cum sa ne aparam si cum sa o protejam. Laserul cu semiconductori este un domeniu ale carui orizonturi abia acum ni se deschid, cu un viitor sigur si cu implicatii puternice in viata de zi cu zi.

Laserul cu semiconductori

Scurt istoric. Introducere in problematica LASER.

Despre efectul LASER se cunosc deja foarte multe. Aceasta ramura a stiintei s-a dezvoltat foarte mult de la inceputurile sale (1955-1965) si pana in ziua de astazi. Desi bazele teoretice erau mai mult sau mai putin stabilite, primii care reusesc sa concretizeze toate teoriile si presupunerile au fost doi rusi si un american. In ordine sunt prezentati Charles H. Townes (Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, MA, USA; nascut in 1915), Nicolay Gennadiyevich Basov (Lebedev Institute for Physics Akademija Nauk Moscow, USSR; nascut in 1922) si Aleksandr Mikhailovich Prokhorov (Lebedev Institute for Physics Akademija Nauk Moscow, USSR; nascut in 1916). Cei trei au impartit premiul Nobel atribuit in 1964 pentru "cercetarile fundamentale in domeniul electronicii cuantice care au condus la construirea oscilatoarelor si a amplificatorilor bazati pe principiul maser-laser".

Partea teoretică este ușor de găsit în majoritatea manualelor, cursurilor și compendiilor de fizică existente așa ca lucrarea de față nu se va concentra asupra acestui aspect. Principiul LASER constă în faptul că atomii eliberează energie sub formă de fotoni atunci când parcurg tranziția de pe un nivel de excitare metastabil spre un nivel de echilibru. Această tranziție se face sub influența unui factor declanșator și de aceea emisia de energie se numește emisie stimulată sau emisie indusă. Odată pornită reacția aceasta se propaga sub formă piramidală astfel, un foton emis de un atom dezexcitat va declanșa reacția la altul, acesta la rândul lui va emite un foton și îl va elibera și pe cel incident. Avem doi fotoni care se vor înmulți exponențial. Astfel se produce o amplificare a radiației luminoase.

Realizarea practică a dispozitivelor LASER. Tipuri de laser.

Partile constituente ale unui laser sunt: mediul activ, sistemul de excitare și rezonatorul optic. Partea esențială a unui dispozitiv laser o constituie mediul activ, adică un mediu în care se găsesc atomii aflați într-o stare energetică superioară celei de echilibru. În acest mediu activ se produce amplificarea radiației luminoase (dacă avem o radiație luminoasă incidentă) sau chiar emisia și amplificarea radiației luminoase (dacă nu avem o radiație luminoasă incidentă). Sistemul de excitare este necesar pentru obținerea de sisteme atomice cu mai mulți atomi într-o stare energetică superioară. Există mai multe moduri de a realiza excitarea atomilor din mediul activ, în funcție de natura mediului. Rezonatorul optic este un sistem de lentile și oglinzi necesare pentru prelucrarea optică a radiației emise. Deși la ieșirea din mediul activ razele laser sunt aproape perfect paralele rezonatorul optic este folosit pentru colimarea mult mai precisă, pentru concentrarea razelor într-un punct calculat, pentru dispersia razelor sau alte aplicații necesare. După natura mediului activ deosebim mai multe tipuri de laser. Printre acestea regăsim laserul cu rubin, la care distingem bara de rubin tratat drept mediul activ iar ansamblul sursa de lumină plus oglinzi poartă rolul de sistem de excitare. Laserul cu gaz folosește amestecuri de gaze rare (He, Ne, Ar, Kr) sau CO₂ drept mediu activ și o sursă de curent electric legată la doi electrozi iau rolul de sistem de excitare.

LASER-ul cu semiconductori. Aprecieri teoretice.

Laserul cu semiconductori este constituit ca și celelalte tipuri de laser tot pe șablonul mediu activ, sistem de excitare, rezonator optic. În acest caz un amestec semiconductor este folosit ca mediu activ. Cel mai adesea se folosesc combinații de metale din aceleași perioade ale grupelor IIIa și Va. Dintre acestea semiconductorul cel mai folosit este cel format din Galliu și Arsenic (GaAs). Alte medii active au fost obținute atât din amestecuri ale elementelor grupelor IIa și Via (Zinc și Seleniu - ZnSe) cât și din amestecuri de trei sau patru elemente. Ultimele două sunt mai adesea folosite pentru emisia unor radiații mult mai precise din punct de vedere al lungimii de undă. Sistemul de excitare este constituit din două straturi de semiconductori, unul de tip p și unul de tip n. Pentru a înțelege mai bine aceste două noțiuni trebuie amintite câteva considerente teoretice cu privire la fizica solidului, în special principiul semiconductorilor. Semiconductorii sunt o clasă de materiale larg folosite în electronică datorită posibilității controlului proprietăților electrice. Rezistivitatea electrică a unui semiconductor scade odată cu creșterea temperaturii iar valoarea ei poate fi modificată în limite foarte largi (10⁻² - 10⁸ Ω cm). Într-un semiconductor foarte pur, conductibilitatea electrică este dată de electronii proprii, numiți și conductibilitate intrinsecă, iar în cazul materialelor impurificate avem de-a face cu o conductibilitate extrinsecă. Conductibilitatea intrinsecă poate fi explicată pe scurt astfel. La 0K, electronii sunt așezați în legăturile covalente formate între atomii semiconductorului intrinsec. Odată cu creșterea temperaturii unii electroni se rup din legături fiind liberi să circule în tot volumul cristalului. Se produce un fenomen de ionizare, iar în locul electronului plecat rămâne un gol. Imediat el se ocupă cu un alt electron alăturat, golul se deplasează o poziție. Dacă aplicăm un câmp electric în semiconductor, electronii liberi se vor mișca în sens invers câmpului, dar și golurile vor forma un curent pozitiv de același sens cu câmpul. Cel mai interesant fenomen îl reprezintă modificarea

spectaculoasa a rezistivitatii electrice a semiconductorilor prin impurificare. Astfel, daca din 10⁵ atomi de Siliciu unul este inlocuit cu un atom de Bor, rezistivitatea siliciului scade, la temperatura camerei, de 1000 de ori !!! Impurificare reprezinta o problema specifica si fundamentala a fizicii si tehnologiei semiconductorilor. Daca impurificam Germaniul (grupa IVa, patru electroni de valenta) cu un element din grupa a 5-a (cinci electroni de valenta) vom obtine un amestec cu un electron de valenta liber. Aceasta impuritate constituie un donor. Semiconductorul astfel impurificat este de tip n, iar nivelul sau de energie este mai aproape de zona de conductie. Daca impurificarea este facuta cu atomi din grupa a 3-a (trei electroni de valenta), acesta se va integra in retea cristalina cu doar trei legaturi covalente, ramanand, deci, un gol capabil de a captura electroni in jurul atomului trivalent. Din aceasta cauza atomii acestui tip de impuritati au primit numele de acceptori. Intr-un semiconductor astfel impurificat vor predomina sarcinile pozitive, de unde numele de semiconductor de tip p. Jonctiunile p - n sunt ansambluri formate prin alipirea unui semiconductor de tip p cu unul de tip n. Zona de separare, interfata, are marimi de ordinul 10-4 cm. La suprafata semiconductorului n apare un surplus de electroni iar la suprafata semiconductorului p un surplus de goluri. Astfel apare tendinta de compensare a acestora prin difuzia electronilor de la un semiconductor la celalalt.

Laserul cu semiconductori. Construire. Consideratii practice.

Revenind la laserul cu semiconductori, avand stabilita o baza teoretica minimala putem trece la detalierea practica a principiilor enuntate anterior.

Laserul cu conductori este, de fapt, un sandwich format din 3 straturi de semiconductori la care se adauga elementele sistemului de excitare. La acest tip de laser energia necesara excitarii sistemului de atomi din mediul activ cat si factorul declansator sunt date de curentul electric care se aplica, conform figurii. Datorita faptului ca acest sandwich corespunde modelului clasic de dioda, de aici incolo se va folosi si termenul de dioda.

Randamentul unei astfel de diode este in jurul a 30% dar amplificarea este destul de mare. Curentul necesar trebuie sa aiba o densitate de cateva mii de amperi pe centimetru dar avand in vedere ca o dioda laser are marimi foarte mici, curentul necesar este adesea sub 100mA. Pentru a obtine rezultate satisfacatoare, in practica se folosesc mai multe straturi decat se prezinta in figura. Cat priveste stratul activ, lungimea lui nu depaseste 1 mm, iar grosimea sa este, in functie de model, de la 200 pana la 10 nm. In general grosimea stratului activ variaza intre 200 si 100 nm. Datorita faptului ca este atat de subtire, fasciculul emis este foarte divergent (pentru un laser) si astfel laserul cu semiconductori se bazeaza foarte mult pe rezonatorul optic ce trebuie ales cu mare grija si trebuie pozitionat foarte precis pentru a obtine performante maxime. De obicei un sistem format din doua lentile plan-convexe pozitionate cu fetele convexe una spre cealalta la anumite distante calculabile este suficient pentru a obtine un fascicul destul de bine colimat cu razele aproape perfect paralele. Din desenul de mai sus se poate observa ca emisia laser se face in doua directii. Acest fenomen este tratat in mod diferit in functie de necesitati. Se poate crea o cavitate rezonanta prin pozitionarea unei oglinzi perfecte si a unei semitransparente, se poate folosi emisia "din spate" pentru a masura proprietatile fasciculului principal, se poate folosi aceeaasi emisie din spate pentru a masura si controla curentul ce trece prin dioda. Diodele laser sunt foarte sensibile la curenti si de aceea controlul strict asupra acestora este absolut necesar. Uneori este necesara doar o variatie mica a tensiunii sau a puterii si dioda se va arde. Mai jos este un prezentat un montaj clasic de dioda cu posibilitate de control a curentului:

Diodele laser sunt poate, cele mai fragile dispozitive de emisie laser. Faptul ca stratul activ are, de fapt, marimea unei bacterii este cel ce sta la baza afirmatiei anterioare. Acest strat poate fi usor distrus prin supunerea la curenti neadecvati, prin influente electrostatice, prin incalzire excesiva. Stratul activ se poate autodistruge chiar si fara prezenta vre-unuia din factorii enumerati mai sus. Simpla emisie a luminii poate vaporiza acest strat minuscul daca lumina emisa este prea puternica.

O dioda, desi minuscula, poate dezvolta puteri ale luminii de pana la 3-5 mW. Desi sunt mai rare si mult mai scumpe, diodele ce dezvolta zeci de mii de mW exista si se gasesc in inscriptoarele de CD si in alte instrumente si aparate de profil. In ceea ce priveste divergenta fasciculului, in prezent, majoritatea pointerelor reusesc performanta de a pastra divergenta la sub un mm la fiecare 5 metri. Spectrul de culori acoperit de laserii cu semiconductori este in zona rosie 630-780 nm dar nu este limitat numai aici.

Laseri verzi sau chiar albastri exista si sunt intens cercetati. Problema este ca diodele de verde si albastru au o viata efemera (cele mai performante ating doar cateva sute de ore) si functioneaza la temperaturi scazute (apropiate de 0K). Fata de clasicul GaAs (care emite in rosu-IR), pentru laserii albastri se prefera ZnSe si GaN. Primul a fost exclus treptat din cercetari datorita rezistivitatii mari, consumului mare de energie, randamentului mic si a multor altor factori descoperiti experimental.

Ultimele cercetari s-au concentrat pe GaN, iar de cand prof. Shuji Nakamura a realizat primul montaj practic si fiabil pentru generarea laserului albastru, cercetarile au luat amploare. Un fapt inedit, la data realizarii diodei pentru laserul albastru, in 1993, Shuji Nakamura nu avea nici macar un doctorat in buzunar, era doar un simplu cercetator pierdut intr-un laborator al unei firme japoneze obscure. Recent, prof. Nakamura s-a alaturat colectivului profesoral de la Colegiul de Inginerie al Universitatii Californiene din Santa Barbara, SUA.

Revenind la laserii uzuali, trebuie mentionate si o serie de pericole ce pot apare chiar si pe langa laserii cu semiconductori care sunt cunoscuti a fi mai putin puternici. S-a calculat ca o dioda obisnuita are o putere mult mai mare chiar si decat a soarelui la ecuator. Toate amestecurile din stratul activ au o putere de emisie mult mai mare decat a aceleiasi cantitati de suprafata solara. Diodele prezente pe piata fac parte din clasele II si IIIa, ceea ce inseamna ca prezinta risc scazut de vatamare la operarea conforma cu manualul si la expunerea fugara, efemera a ochiului in raza laser. Totusi, trebuie avut in vedere ca orice expunere indelungata produce vatamari punctiforme ale retinei si nu este nevoie de efecte imediate pentru ca retina sa fie vatamata. Regula numarul unu in lucrul cu laserii, nu se priveste direct in raza laser chiar daca nu se simte nici o durere sau chiar daca raza este palida. **CULOAREA SI STRALUCIREA RAZELOR LASER NU AU NICI O LEGATURA CU PUTEREA RADIATIEI.** Aceste doua proprietati sunt date de lungimea de unda a radiatiei care nu influenteaza in mod decisiv puterea laserului. Pot exista laseri cu o culoare roz palida care sa fie mai nocivi decat cei mai aprinsi si rosii laseri. Intre "laseristi" exista o gluma: "Regula numarul unu in lucrul cu laserii: Nu te uita niciodata direct in raza laser cu unicul ochi ramas intreg!".

Utilizarea laserilor cu semiconductori. Aspecte pozitive si negative ale acestei tehnologii.

Diodele sunt larg raspandite. Faptul ca sunt ieftin de produs, usor de folosit si foarte ieftin de folosit duce la producerea lor in masa si includerea lor in cele mai multe aparate electronice ce au nevoie de laseri. Lecturatoarele de cd, fie ele CD-ROM-uri sau CD-playere, sunt toate prevazute cu diode laser. Playerele DVD au, deasemenea, diode laser, doar ca acestea emit fascicule mult mai fine. CD-Writer-ele si CD-ReWriter-ele folosesc diode ce emit laseri apropiati de IR (800 nm) si puteri de cativa W. Aceleasi diode, dar de puteri ceva mai mici, sunt prezente si in imprimantele cu laser. Alte produse care folosesc laseri emisi de diode sunt cititoarele de coduri de bare (Bar-Code Readers), unele Scannere, Pointerele etc. Poate cel mai important folos, dupa CD/DVD-playere, este cel adus in comunicatiile prin fibra optica. In cadrul fiecarui emitor pe fibra optica se afla o dioda laser. Mai nou s-a inceput folosirea diodelor si in medicina si in holografie. Diodele nu sunt folosite in aplicatiile militare (Radar, ghidare rachete, transmisiuni de date prin eter etc.), aplicatiile astronomice (distante cosmice si determinari de compozitii), efectele speciale de anvergura si holografia de mare intindere datorita puterii limitate relativ mici pe care o dezvolta.

Concluzii.

Laserul cu semiconductori este o alternativa ieftina si fiabila la laserii cu gaz. Marimile reduse, costurile mici de fabricatie si utilizare cat si longevitatea lor confera diodelor atuuiri importante in "lupta" cu celelalte dispozitive de emisie laser. Singurele dezavantaje fiind puterile relativ mici si fragilitatea, diodele sunt si vor fi cercetate extensiv pentru a fi imbunatatite. Pentru noi este important sa intelegem cum functioneaza un astfel de dispozitiv, la ce este folosit si incotro se indreapta cercetarile pentru a ne familiariza inca de pe acum cu acest tip de laser pe care il vom intalni din ce in ce mai des in viata noastra de zi cu zi. Este important sa cunoastem pericolele pe care le aduce cu sine o dioda laser precum si factorii care pot perturba buna functionare a acesteia pentru a sti cum sa ne aparam si cum sa o protejam. Laserul cu semiconductori este un domeniu ale carui orizonturi abia acum ni se deschid, cu un viitor sigur si cu implicatii puternice in viata de zi cu zi.

Imprimanta laser

Termenul Inkjet printer e un termen foarte descriptiv al procesului (aceste printere pun o imagine pe hartie folosind mici jeturi de cerneala). Termenul Imprimanta laser si cum poate o raza laser sa scrie litere sau sa deseneze imagini pe hartie nu este tocmai inteles de toata lumea. Acesta este o explicatie a acestui fenomen:

Principiul de baza care lucreaza intr-o imprimanta laser este electricitatea statica, aceeasi energie care face hainele in masina de spalat sa stea lipite. Energia statica este o incarcatura electrica a unui obiect cum ar fi un balon sau propriul corp. Deoarece atomii incarcati cu sarcini diferite se atrag, obiectele cu energie statica opusa se atrag. O imprimanta laser foloseste acest fenomen ca un fel de lipici temporar. Componentul de baza al acestui sistem e fotoreceptorul, care e de obicei un cilindru. Acest cilindru e facut din un material foarte fotoconductor care e descarcat de fotoni de lumina.

Initial, cilindrului ii este data o incarcatura pozitiva prin un fir prin care trece curent electric. In timp ce cilindrul se invarte, imprimanta scoate o raza mica de laser peste suprafata anumitor "puncte" ale foii. In aceasta faza laserul deseneaza literele si imaginile care trebuiesc printate ca o matrice de incarcaturi electrice (o imagine electrostatica). Sistemul poate de asemenea lucra cu incarcaturile inverse (adica o imagine pozitiv electrostatic pe un fundal negativ).

Dupa ce matricea este setata, imprimanta inveleste cilindrul cu toner incarcat pozitiv (un praf fin si negru). De vreme ce are o incarcatura pozitiva, tonerul se atrage de partile descarcate negativ ale cilindrului, dar nu si de fundalul incarcat pozitiv. Seamana cu scrisul pe o cutie de cola cu lipici si apoi rostogolind-o prin faina. Faina doar se lipeste pe partile cu lipici.

Cu matricea setata, cilindrul se rostogoleste pe o foaie de hartie, care se misca de-a lungul "drumului". Inainte ca hartia sa ajunga sub cilindru ii este data o incarcatura negativa de la firul de transfer. Aceasta incarcatura este mai puternica decat incarcatura negativa a imaginii electrostatice, asa ca hartia poate sa "traga " praful de toner. Deoarece se misca la aceasi viteza ca cilindrul, hartia ia exact matricea imaginii, ca sa nu se lipeasca hartia de cilindru este descarcata de catre firul de descarcare imediat ce ia tonerul. In final, imprimanta transmite hartia prin "fuser" care topeste tonerul, acesta intrand in fibrele hartiei. Dupa cest pas hartia este data afara, fiind gata printata.

Trasnetul, fulgerul si tunetul

Trasnetul, fulgerul si tunetul care insotesc furtunile si care au ingrozit pe oameni multe secole isi gasesc explicatia stiintifica in existenta electricitatii in atmosfera.

Trasnetul este o descarcare electrica in scanteie care se produce in atmosfera terestra, fie intre doi nori, fie

intre un nor si pamant. Norii de furtuna se incarca in partea lor inferioara, in special, cu sarcina negativa, iar aceasta incarca prin influenta suprafata pamantului cu sarcina pozitiva. Cand norul se deplaseaza, zona de sarcina pozitiva de pe pamant il urmareste ca o umbra. Norul si pamantul pot fi considerati drept armaturile unui condensator intre care tensiunea electrica atinge valori de ordinul zecilor si chiar al sutelor de milioane de volti. Daca tensiunea dintre doi nori sau dintre nori si pamant devine suficient de mare apare o descarcare electrica foarte puternica numita trasnet. Exista multe forme (tipuri) de trasnete: trasnetul liniar, superficial, globular, perlat, etc...

Fenomenul luminos care insoteste trasnetul se numeste fulger, iar fenomenul acustic poarta denumirea de tunet.

Lungimile pe care le pot atinge scanteile trasnetului sunt cuprinse intre cateva sute de metri si cativa km. Diametrul scanteilor este de cativa centimetri (pana la 20 de cm).

In majoritatea cazurilor, scanteia trasnetului, la inceput foarte mica si anemica incepe in dreptul norilor si se alungeste in directia pamantului, aceasta fiind o descarcare preliminara care creaza in aer ceva in genul unui canal bun conductor de electricitate si care se deplaseaza spre pamant circa 50 de m cu o viteza egala cu 50000 km/s. Dupa un timp foarte scurt (zeci de milionimi de secunda) de la disparitia primei descarcari apare o alta descarcare preliminara care se apropie si mai mult de pamant si care se intrerupe din nou. Uneori au loc zeci de descarcari preliminare. Dupa ce descarcarea preliminara ajunge la pamant sau la un obiect aflat in legatura electrica cu pamantul, apare o luminozitate foarte puternica a canalului parcurs de scanteie, mai intai in dreptul pamantului apoi din ce in ce mai sus spre nori. Acum a aparut descarcarea principala a trasnetului, care se deplaseaza de la pamant spre nor. Deci au dreptate atat cei care sustin ca trasnetul il loveste pe om de sus, cat si cei care afirma ca il loveste de jos, din pamant. In canalul trasnetului aerul este complet ionizat, substanta fiind aici sub forma de plasma. Datorita degajarii unei mari cantitati de energie intr-un interval de timp foarte scurt, in canalul subtire de plasma are loc un salt brusc al presiunii care produce unde de soc acustice (tunetul). Fenomenul luminos care insoteste descarcarea se numeste fulger.

Spectaculoase sunt fulgerele globulare de diverse forme si diametre cuprinse intre cativa decimetri si zeci de metri si care se deplaseaza in aer cu viteze relativ mici, asezandu-se uneori pe diferite obiecte, iar durata lor e cuprinsa intre cateva fractiuni de secunda si cateva minute. Stingerea lor este de obicei brusca, exploziva, putand produce deteriorari insemnate ale obiectelor din regiunea respectiva.

Fulgerul al carui canal luminos nu este continuu ci fragmentat intr-o serie de formatiuni mici sferice luminoase, ce par insirate pe un fir, se numeste fulger perlat. El este considerat o forma de tranzitie intre fulgerul obisnuit si cel globular.

Statisticile arata ca in fiecare minut globul pamantesc este lovit de aproximativ 1800 trasnete, ceea ce inseamna ca anual cad aproximativ un miliard de trasnete. In fiecare zi trasnetul omoara, pe intreg globul, 20 de persoane si raneste 80.

Impotriva efectelor produse de loviturile directe ale trasnetelor se folosesc instalatii de protectie numite paratrasnete. Paratrasnetul este format din unul sau mai multe elemente de captare (conductoare electrice de otel sau de cupru in forma de tije verticale sau de bare inclinate sau orizontale) instalate pe partile cele mai inalte ale obiectivelor protejate, precum din unul sau mai multe conductoare de coborare (prin care trece spre pamant curentul electric de descarcare a trasnetului) si prizele de pamant.

Filtre Electrostatice

Dezvoltarea industrială accelerată a societății omenești a condus la o poluare accentuată a mediului înconjurător: aer, apă, sol. De exemplu, deja în anul 1968, noxele (CO, SO₂, NO₂, pulberi, hidrocarburi)

eliberate în atmosferă, provenind din activități industriale, din producerea energiei și din transporturi, erau estimate, numai în SUA, la circa 177 milioane tone/an. S-au adoptat măsuri legislative care impun agenților economici să utilizeze dispozitive adecvate pentru a diminua cât mai mult posibil poluarea atmosferei prin activitățile industriale desfășurate. Ca urmare, au fost dezvoltate diferite procedee pentru epurarea gazelor:

- precipitarea prafulor și a "ceturilor" cu ajutorul câmpului electric în electrofiltre;
- desprafuirea gazelor prin trecerea lor prin straturi absorbante;
- desprafuirea gazelor în instalații de spălare;
- centrifugarea gazelor cu impurități sub formă de praf.

Dintre aceste procedee desprafuirea electrostatică este cea mai performantă tehnică de captare a suspensiilor aflate în praful și gazele industriale rezultate din diverse procese tehnologice. Această metodă numită și precipitare electrostatică, a fost inventată în anul 1905 de chimistul american Frederick G. Cottrell (1877-1948). Dispozitivul utilizat în această tehnică este numit filtru electrostatic sau electrofiltru. Electrolițul are o cameră de precipitare de formă prismatică sau cilindrică, terminată la partea inferioară cu un buncar pentru colectarea particulelor depuse pe electrodul colector. Camera de precipitare este prevăzută cu un sistem de admisie a gazului impurificator care, după trecerea prin câmpul electric dintre electrodul de înaltă tensiune și electrodul colector, este curățat de impurități și eliberat în atmosferă printr-un sistem de evacuare. Cei doi electrozi sunt legați la o sursă de înaltă tensiune. Între ei se generează un câmp electric. Deoarece electrodul de înaltă tensiune este foarte subțire (are diametrul cuprins între 1 și 8 milimetri), câmpul electric este neuniform radial, liniile de câmp sunt mai dense în vecinătatea firului unde, prin urmare, și intensitatea câmpului este mai mare.

Electronii liberi din gaz sunt accelerați foarte puternic radial și produc, prin ciocniri, alți electroni și ioni pozitivi și negativi. Ionii pozitivi sunt atrași de electrodul central filiform și produc, prin bombardarea acestuia, noi electroni. Se generează astfel o descărcare electrică numită descărcare coronă. Ea se manifestă sub formă unei teii luminoase foarte subțiri, în jurul firului central, presărată de puncte stăluțoase foarte apropiate între ele. Apariția ionilor pozitivi și negativi în zona de descărcare electrică face ca particulele care impurifică gazul să se încarce electric în timpi foarte mici ($<0,1$ secunde) deoarece într-un cm^3 din zona de descărcare sunt circa 10 la a 9-a ioni negativi. Particulele de impurități încărcate electric sunt apoi antrenate de câmpul electric spre electrodul de colectare unde se depune. Ele se neutralizează electric la contactul cu pereții și cad, sub acțiunea gravitației, în buncarul din partea inferioară a camerei de precipitare. Un astfel de filtru electrostatic Cottrell poate ajunge la o eficiență de până la 99%. Trebuie însă să precizăm că el permite numai curățarea aerului de impurități prezente sub formă unor mici particule solide (praf). Purificarea aerului de noxe gazoase (de exemplu, SO_2) nu se poate realiza pe calea precipitării electrostatice. Pentru aceasta sunt necesare metode mai complicate și, în general, mai costisitoare.

Fotocopiatorul

Fotocopiatoarele sunt dispozitive de reproducere a documentelor prin folosirea unui **procedeu electrostatic**. Procesul de fotocopiere are mai multe etape.

Prima etapă constă în **încărcarea cu sarcină electrică pozitivă**, a unei plăci (sau a unui tambur) acoperită cu un strat de material fotoconductor, cum este, de exemplu, seleniu. Materialul fotoconductor este un conductor de electricitate de circa 10000 de ori mai bun atunci când este iluminat decât atunci când este întunecat. Încărcarea cu sarcini electrice se face printr-o descărcare de tip coronă, folosind un dispozitiv numit cotron.

A doua etapă, **expunerea**, constă în proiectarea imaginii documentului de copiat pe stratul conductor. Zonele întunecate nefiind bune conductoare electrice rămân încărcate cu sarcini pozitive. Zonele iluminate devin bune conductoare. Placa fiind legată la pământ, sarcini negative vin din sol și trec, prin placă, în zonele iluminate din stratul fotoconductor până la compensarea tuturor sarcinilor pozitive din aceste zone.

A treia etapă, **revelarea**, constă în depunerea pe placă a unei pudre (numită **toner**), încărcată cu sarcini negative. Zonele întunecate, rămân încărcate cu sarcini pozitive, atrag tonerul încărcat negativ care se depune pe stratul fotoconductor numai în aceste zone.

A patra operatie, **transerul imaginii**, consta in asezarea unei hartii albe, incarcata electric pozitiv in prealabil, peste stratul fotoconductor. Pudra paraseste placa fiind atrasa electric de hartie.

A cincea operatie, **fixarea**, consta in incalzirea hartiei incarcate cu pudra. Prin incalzire, pudra se topeste si se fixeaza de hartie. Asa se explica faptul ca hartia iese din fotocopiator calda si inca electrizata.

Ulterior, stratul fotoconductor este sters de o perie si procesul poate fi reluat.

Generatorul van de Graaff

Generatoarele electrostatice transforma energia mecanica in energie electrica. Unul dintre cele mai cunoscute este **generatorul Van de Graaff**. El a fost inventat in 1931 de fizicianul american Robert Van de Graaff.

Daca se auce in contact o sfera incarcata electric cu suprafata interioara a unei emisfere, sarcinile electrice trec pe emisfera si se distribuie pe suprafata exterioara a emisferei. Repetand procedura se poate aduce pe suprafata exterioara a emisferei o noua sarcina, s.a.m.d.

Generatorul Van de Graaff se bazeaza chiar pe faptul ca sarcinile electrice se plaseaza, la echilibru electrostatic, pe suprafata exterioara a unui conductor si ca, in consecinta, campul electric in interiorul conductorului este nul.

Principiul de functionare al unui astfel de generator este urmatoarea:

Ionizatorul de depunere este adus la un potential ridicat fata de rola inferioara, ceea ce provoaca ionizarea gazului dintre varful ionizatorului si o banda izolatoare, avand forma unei curele fara sfarzit. Banda izolatoare este antrenata mecanic de un sistem de role. Incarcata electric ea paraseste varful ionizatorului de depunere si transporta ionii spre electrodul de inalta tensiune impotriva fortelor campului electric. Sarcinii electrice, aduse in dreptul ionizatorului de culegere, provoaca ionizarea gazului dinspre banda si ionizatorului de culegere si trec, prin intermediul acestuia, pe electrodul de inalta tensiune. Folosind un astfel de generator a fost posibila incarcarea electrodului de inalta tensiune pana la un potential de ordinul a **25 milioane de volti**.

Astfel de generatoare au multiple utilizari. Ele sunt folosite, de exemplu, in laboratoare de cercetare la acceleratoare de particule folosite in fizica energiilor inalte sau pentru microscopie electronica, in tratamentul cancerului etc.

Aplicatii Tehnice ale Electrostaticii

Electrostatica are o multitudine de aplicatii tehnice de mare succes. Dintre acestea, urmatoarele sunt cele mai semnificative:

Vopsirea electrostatica are la baza urmatorul principiu. particulele de vopsea, email sau pulbere, se incarca electric prin influenta sau prin ionizare, folosind o sursa de inalta tensiune. Aceeasi sursa este folosita si pentru a crea un camp electric intre pistolul de vopsire si obiectul de vopsit. Particulele de vopsea se misca in lungul liniilor de camp, care ajung atat pe suprafata obiectului din fata pistolului cat si, in buna masura, in spatele obiectului, ceea ce asigura o excelenta acoperire cu vopsea.

Procedeul are o serie intreaga de avantaje: este rapid, asigura o buna calitate a vopsirii, reduce pierderile de vopsea etc. De aceea utilizarea acestui procedeu s-a extins foarte rapid, inclusiv la noi in tara. In SUA, deja in 1970, consumul de vopsele utilizate prin acest procedeu era de circa 1 280 000 tone. Aceasta tehnica poate fi folosita nu numai la vopsire, ci si la emailarea unor produse metalice sau la acoperirea unor suprafete metalice cu pulberi izolante (*pudrare electrostatica*).

O alta aplicatie care merita a fi mentionata este sortarea semintelor (de mazare, fasole, cereale) pe cale electrostatica, in functie de culoare, pentru separarea lor de particulele straine (pietricele, aschii de lemn etc) a caror culoare este diferita.

De asemenea, depunerea electrostatica a insecticidelor pentru tratarea plantelor. Metodele conventionale de stropire cu solutii lichide folosesc mari cantitati de apa (pana la 95% din masa solutiei). Indiferent daca sistemul de stropire este motat pe tractor sau pe avion, metoda clasica presupune transportul unor mari cantitati de apa (aproape 100 litri la 1 kilogram de insecticid). De aceea, metoda este costisitoare si are o productivitate reduca. Procedeul electrostatic de depunere a insecticidelor are mai multe avantaje:

-> plantele au o anumita conductivitate electrica si, fiind legate la pamant, toate particulele ionizate de insecticid se depun pe plante si, in consecinta, pierderile sunt minime;

-> datorita distributiei liniilor de camp, substanta pulverizata se depune pe ambele fete ale frunzelor;

-> la impactul cu suprafata de contact (suprafata frunzei, de exemplu) particulele de insecticid nu mai ricoseaza, ceea ce conduce la diminuarea pierderilor.