

**XXVIII INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE
IN GEODESY AND RELATED FIELDS**

Sofia, 08 - 09 November 2018

**XXVIII МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
“СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБУЧЕНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА
ПРАКТИКА В ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ”**

София, 08 - 09 Ноември 2018

**СЪЩНОСТ И РАЗВИТИЕ
НА ГАЗОРАЗРЯДНАТА ВИЗУАЛИЗАЦИЯ**

Нели Здравчева (BG)

Резюме

Докладът е посветен на газоразрядната (ГРВ) визуализация, която е известна още с името биоелектрография. Анализирани са същността, появата и основните етапи в развитието на този интересен и значим дистанционен метод. Авторът отделя внимание както на основните процеси чрез които се получават газоразрядните изображения, така и на факторите, които оказват влияние върху информационните качества на биоелектографските изображения.

Темата е актуална, тъй като понастоящем методът на газоразрядната визуализация се явява един важен дистанционен метод чрез който бързо, безопасно и ефективно може да се изследват и изучават различни обекти в това число и човека (и в частност неговото физическото, биоенергетичното, психоемоционалното състояние и др.)

Ключови думи: газоразрядната визуализация, биоелектрография, дистанционни методи, изображения

Основните етапи в развитието на газоразрядната (ГРВ) визуализация

При много от най-значимите научни постижения се случва пътят (от тяхното откриване до пълноценното им утвърждаване и масовото им използване в практиката) да бъде сложен, криволинеен и с много възходи и упадъци. За съжаление така става и с ГР фотографията. Нейното възникване и историческото ѝ развитие са един наистина дълъг и изпълнен с много превратности процес. Ето защо по-долу са маркирани само някои основни етапи от дългогодишното развитие на ГРВ.

Дълго преди появата на писмеността хората са интересували от множество различни проявления на електричеството в природата. Такива са, например, различните разряди като гръмотевичните бури в атмосферата, различните видове атмосферни светлини - северните светлини, светлините, които се появяват при определени условия в краищата на високи заострени предмети (например мачти на кораби, върхове на дървета, планини и дори върху човешки глави - блестящи ореоли). Естествено такива явления са се тълкували по много различни начини.

Първите експерименти, свързани с използването на електрически заряди за селективно нанасяне на прахообразни материали върху повърхността на нетокопроводни материали и получаването по този начин на изображения на електрическия разряд могат да бъдат отнесени към XVIII век.

През пролетта на 1777 г. , Георг Кристоф Лихтенберг (*G.Ch. Lichtenberg*, 1742–1799) – фиг. 1, който тогава е професор по физика и астрономия в Университета в Гьотинген и е чуждестранен почетен член на Академията на науките в Санкт Петербург, с помощта електрофор е извършил експеримент при който за първи път са били регистрирани следи от електрически излъчвания от искров разряд върху материален носител (по-точно върху повърхността на твърд диелектрик).

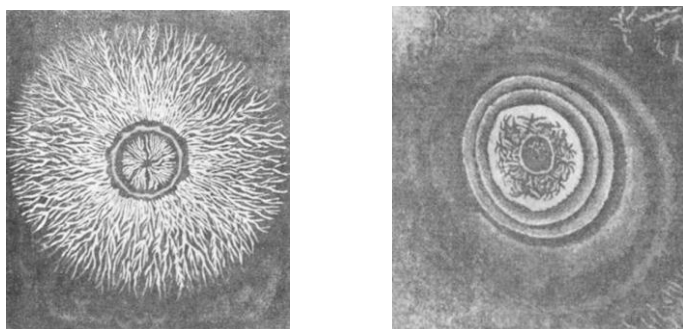


Фиг.1 Георг Кристоф Лихтенберг (1742–1799)

Резултатите от това изследване са представени пред научната общественост в Кралското научно дружество в Готинген на 3 май 1777 г. от професора по математика и физика Авраам Готелф Кьостнер (*Abraham Gotthelf Kästner*, 1719–1800, който е бил учител на Г. К. Лихтенберг.

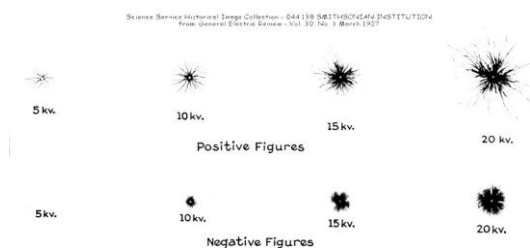
Счита се, че Лихтенберг случайно е обърнал внимание на факта, че ако се насочи електричеството от върха към повърхността на смолистата повърхност на електрофора и тя се поръси след това със смола на прах, то последната прилепва към повърхността само на определени места, при което се формират определени геометрични фигури с различна форма. Именно тези фигури по-късно са наречени лихтенбергски фигури или фигури на Лихтенберг. [5]

По-нататък в своите изследвания Лихтенберг забелязал, че в зависимост от това дали електричеството е положителното и отрицателното фигурите придобиват различен вид. В следствие е прието тези фигури, които се получават при положителна полярност на върха да се наричат „положителни“, а тези, които се получават при отрицателна полярност на върха, да се наричат съответно - „отрицателни“. На фиг.2 може да се видят фотоснимки на „положителни“ и „отрицателни“ фигури на Лихтенберг.



Фиг. 2 «Позитивни» (ляво) и «негативни» (дясно) фигури на Лихтенберг

При използването на променливо напрежение (фиг.3) тези фигури се наслагват една върху друга, като по този начин формират междинна картина. Фигури на Лихтенберг се формират също така и при кратковременни (до 10 ns) импулси на напрежението.



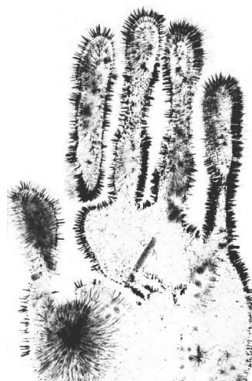
Фиг. 3 «Позитивни» (отгоре) и «негативни» (отдолу) фигури на Лихтенберг, получени при различни стойности на напрежението на електрическия разряд

По-късно, през периода 1891-1890 г. , известният физик Никола Тесла чрез поредица от експерименти демонстрира възможностите на ГР визуализация за изучаване на живи организми. Той получава ГР изображения на дневна светлината като чрез обикновен фотоапарат заснема различни предмети и тела, поставени във високочестотни електромагнитни полета. Но несъвършенството на използваното по това време оборудване възпрепятства широкото разпространение на метода.Изследванията на Н. Тесла са продължени от М. Погорелски в Русия.

В края на 19 век през 1891 г. в Русия известният естествоизпитател *Я.О. Наркевич-Йодко* – фиг. 4 с помощта на създадено от него устройство е получил първите газоразрядни снимки на биологични и абиологични обекти. Той е направил повече от 1500 фотографии на листа на растения, различни предмети - метални медали, монети, листа на растения и т. н. При провеждането на експерименти с различни електрически генератори, открива светенето (сиянието) на човешките ръце, поставени във полето на високоволтов електромагнитен генератор и успява да заснеме това върху фотографска плака. Наркевич-Йодко нарича своя способ за фотографиране на обекти, поставени в полето на електромагнитен генератор, електрография. Той изтъква, че човешкият организъм постоянно произвежда електричество в нервните тъкани и сам по себе си представлява вид електрически акумулатор, който постоянно обменя заряди с околното пространство. В резултат на провеждането на многочислени експерименти, той открива разлики в електрографските изображения на еднакви участъци от телата на болни и здрави, уморени и развълнувани, будни и спящи хора. Той е един от първите учени които демонстрират възможностите на този метод за целите на медицинската диагностика и психологията.



Фиг. 4 Отляво Яков Оттонович Наркевич-Йодко (1847–1905). Фотография от 1888 г. Отдясно - Паметник на професор Я.О. Наркевич-Йодко



Фиг. 5 Фотоснимка на длан, получена по метода на Я.О. Наркевич-Йодко

Електрографските снимки са предмет на изследване в работите на много учени като например - руския физиолог М. Погорелски, чешките физици Б. Наврал, О. Шлемер, Дж. Пратг, бразилец Ландел де Моруа и много други. През 1905 г. в Бразилии Ландел де Моруа създава електрофотографска (електроразрядная) камера. С нея са били направени множество снимки. През 1930 г. в Прага последователите на метода Прат и Шлеммер изучават контактни копия на различни обекти в условията на електрически разряд. През 1947 г. в СССР бившият сътрудник на *Берлинския* университет по физика *Арно Браш* (*Arno A. Brasch*, 1910–1963) и *Фриц Фрицевич Ланге* (*Fritz Lange*, 1899–1987), който е известен с експериментите си за разделянето на атомното ядро с използване на излъчвания от мълнии и разработването на ускорителна технология, когато работели върху ускорител на импулсни натоварени частици, използващ маркс генератор, са успели да получат триизмерни (стерео) фигури на *Лихтенберг* (*Lichtenberg*) в прозрачна пластмаса. Но сложността на използваната от тях апаратура за получаване на електрографси изображения е възприпяствала широкото разпространение на метода им.

През 1949 г. съпрузите *Семеон Давидович Кирлиан* (1898–1978) и *Валентина Хрисанфовна Кирлиан* (1904–1971) г. *Краснодар*, поставят началото на систематичното изучаване и внедряването в практиката на метода на документалната регистрации на излъчването на биологически и абиологични материали и обекти в условията на високочестотен разряд.

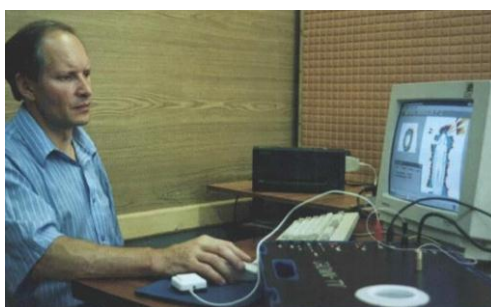


Фиг. 6 Съпрузите *В.Х. Кирлиан* (1904–1971) и *С.Д. Кирлиан* (1898–1978)

На 5 септември 1949 г. Държавният комитет за изобретения и открития на СССР издава на съпрузите Кирлиан сертификат за авторски права № 106401 за техния метод за *фотографиране* на обекти във високочестотни електрически полета. В продължение десетки години С.Д. Кирлиан продължава да изследва характеристиките на излъчване на множество различни обекти за което получава повече от 20 авторски свидетелства за изобретения в областта на електрографията [5].

В средата на 90-х години на 20 век в Русия К. Г. Коротков създава автоматичен електронен прибор Корона-ТВ за изследване на биологически обекти с метода на газоразрядна визуализации чрез директно въвеждане на газоразрядните изображения в компютър [1]. Този прибор поставя началото на нов компютъризиран етап от развитието на ГРВ. Чрез него може да се наблюдава развитието на ГРВ-изображения в реално време при това в нормална (незатъмнена) стая. Освен това получените ГРВ-изображения може да се записват и да се преобразуват в електронни изображения, да се отпечатват и да се съхраняват в паметта на компютъра и върху дискови носители на информация.

На фиг.7 може да се види фотография на проф. К. Г. Коротков, който работи на компютъризирания програмно-обезпечен специализиран експериментален комплекс за получаване на газоразрядни изображения. [5].



Фиг. 7 Проф. К. Г. Коротков и компютъризирания специализиран експериментален комплекс газоразрядни изображения.

В последствие методът на газоразрядната или «*кирлианова*» фотография се разпространява от Русия практически по целия свят. През 1978 г. учени от различни страни се обединяват и създават международна асоциация за изучаване на ефекта на *Кирлиан* (*The International Kirlian Research Association – IKRA*). От тогава ежегодно се провеждат Международни конференции и симпозиуми по ”*ефекта на Кирлиан*”.

Физически основи и същност на ГРВ

Електрическият разряд може да се разглежда като процес на преобразуване на електрически непроводимото вещество (в разглеждания контекст - въздуха) в проводник в резултат на прилагането върху него на достатъчно силно електрическо поле. Основният и определящ елемент при формирането на изображения е електронната лавина. [2] В общия случай йонизиращият газ по своята природа представлява плазма с радиус на Дебай - r_D , който е значително по-малък от линейните размери h на областта на йонизация l .

$$r_D = \sqrt{T_i / 4\pi n e^2} \approx 500 \sqrt{T_i / n} \ll h. \quad (1)$$

Където T_i е температурата на йоните на плазмата, n е плътността на плазмата в см^{-3} , e е елементарният заряд, а r_D и h са в см

Както е известно от физиката, плазмата се състои от заредени частици - положителни и отрицателни йони и електрони. А нейна характерна особеност се явява квазинейтралността на зарядите, т. е. $N^- = N^+ = n \cdot N^- = n + N_i^+$ е плътността на отрицателно заредените частици; N^+ и N_i^+ са плътностите на положителните и отрицателните йони; n_e е плътността на електроните в плазмата.

Върху всяка заредена частица в електрическо поле въздейства сила eE (където e е заряда на електрона), която ѝ придава ускорение с големина eE/m_e или eE/m_a , (където m_e е масата на електрона и съответствено m_a е масата на йона).

Скоростта на движение на електрона може да се изчисли по формулата:

$$v = 5,93 \cdot 10^7 \sqrt{\varepsilon [\partial B]} \text{ см/с}, \quad (2)$$

а скоростта на частица с относителна атомна маса A съответно по формулата:

$$v = 1,38 \cdot 10^6 \sqrt{\varepsilon [\partial B] / A} \text{ см/с}. \quad (3)$$

Тъй като разрядът в малки газови пролуки може да се счита за стационарен и електронът по своя път претърпява множество стълкновения, то загубата на енергия при стълкновенията е равна на кинетичната енергия на електрона, получена от него по дължината на свободния му пробег. Скоростта на нарастване на енергията на електрона в осцилиращо поле само с еластични сблъсъци ($E = E_a / \sqrt{2}$) е равна [35]:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = (\Delta\varepsilon_E - \Delta\varepsilon_{\text{сп}}) v_m = \left[\frac{e^2 E^2}{m(\omega^2 + v_m^2)} - \frac{2m}{M} \varepsilon \right] v_m \quad (4)$$

Където v_m е честотата на стълкновения на електроните с тежки частици.

От своя страна честотата на стълкновенията зависи от налягането и температурата [36]:

$$v_m \cong v_{\text{ea}} = 0,63 \cdot 10^{-8} n_g \left(\frac{T_e}{0,026} \right)^{1/2} \quad (5)$$

където n_g е плътността на въздуха, определящ натиск p ($p = nkT$).

В равновесно състояние има баланс между енергията, получена от електрона от полето и изгубената от него при сблъсъци. Стойността на кинетичната енергия, придобита от заредените частици между сблъсъците, зависи от съотношението E/p , тъй като ускорението му е пропорционално на E и разстоянието, на което се случило, $l \sim 1/p$.

По експериментален път е установено, че газът (въздухът) в областта на разряда се явява слабо йонизиран и неравновесен, т. е. е изпълнено условието:

$$T_e > T_i \sim T_g \quad (6)$$

В горната формула с T_g е означена температура на газа.

Тъй като температурата е характеристика на плазмата, която се подчинява на разпределението на Максвел, то в разглеждания случай, когато става въпрос за разреждане и това разпределение е нарушено, има смисъл да се говори само за средната енергия на заредените частици, а не за тяхната температура.

В научната литература са анализирани и обобщени множество публикации, третиращи формирането на изображения на разнообразни обекти, поставени в електромагнитни полета с високо напрежение. Така получените изображения се състоят от отделни точки, всяка от които се явява резултат от осветяването на фотографския материал, което се получава поради ефекта на локалната електронна лавина. Казано съвсем накратко, електронната лавина се поражда в условията на достатъчно силно електрическо поле от различните участъци на изследваните обекти, поради наличието на заредени частици на фоновото поле или на електрони, които се излъчват от повърхността на самия фотографиран обект.

Животът на електронната лавина е с много къс период 10^{-7} - 10^{-8} s, тъй като в процеса на нейното развитие на диелектричната повърхност на носача се натрупва отрицателен заряд, който екранизира електрическото поле в лавинната зона и по този начин намалява неговата интензивност до количества, които са недостатъчни за по-нататъшно развитие на газоразрядния процес. Т. е. първичната лавина се явява първичният и основен елемент на сложния и комплексен процес на газовото изхвърляне.

Понастоящем в световен мащаб са разработени множество различни практически модификации на разглеждания метод. Въпреки многообразието на конкретните технически решения същността на процеса на ГР визуализация във всички тези модификации е една и съща и може да бъде сведена към следната принципна теоретична схема.

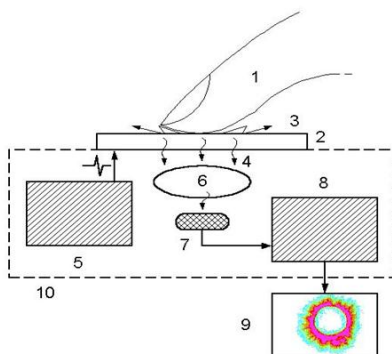
Газовият разряд възниква в система която се състои от следните основни компоненти - обект на изследването, носител на изображението и електроди, формиращи електромагнитното поле (ЕМП).

Първичният процес се изразява във взаимодействието на ЕМП със сканирания обект, в резултат което възниква излъчване от повърхността на обекта на заредени частици, участващи в иницирането на началните фази на изпускането на газ при определена сила на електромагнитното поле. Основният източник за формирането ГР изображения се явява газовият разряд в близост до повърхността на изследвания обект. Въз основа на експериментални изследвания са установени два основни типа разряди, свързани с формирането на газоразрядни изображения: 1.) лавинен, развиващ се в тесен процеп, ограничен от диелектрик; 2.) плъзгащ се по повърхността на диелектрик [3].

Накратко може да се обобщи, че фотоните и заредени частици, възникващи по време на разряда, образуват двуизмерна картина върху носител на изображения (фотоматерила). Газовият поток от разряда от своя страна може да повлияе на състоянието на обекта и по този начин да причини вторични емисии, деструктивни и топлинни процеси. Основната информация се извлича въз основа на характеристиките на светенето, което представлява пространствено разпределение на участъци с различна степен на яркостта.

В приборите за ГРВ от ново поколение се използват последните постижения на съвременната компютърна технология и микроелектроника. Светенето на разряда с помощта на оптически системи и ПЗС-камери се преобразува във видеосигнал, който после се записва в вид на единични кадри (наричани ГРВ-грамм) или AVI-файлове в блок - памет, свързан с процесор за обработка на видео кадри. От своя страна процесорът за обработка представлява специализиран програмен комплекс, който позволява да се извършва изчислението на редица параметри и въз основа на тях да се правят определени заключения.

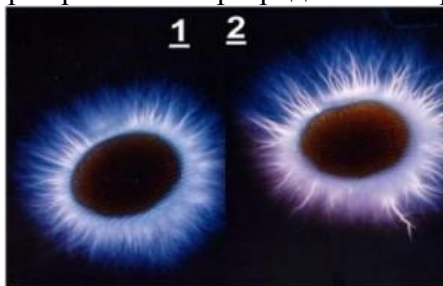
На фиг.8 е показано схематично представяне на ГРВ устройството за ГРВ, където: 1– обект на изследването; 2 - прозрачен електрод; 3 - газов разряд ; 4 - оптично излъчване; 5 - генератор; 6 – оптична система; 7, 8 – видеопреобразовател (видеоконвертор); 9 - компютър; 10 – корпус.



Фиг. 8 Схематично представяне на прибор за ГРВ

Първичният процес това е самото взаимодействие на електромагнитното поле (ЕМП) с обекта, който е подложен на изследване. В резултат на това взаимодействие при определена интензивност на електромагнитно поле от повърхността на обекта възникват емисии от заредени частици, които участват в иницирането на началните фази на газовия разряд. От своя страна както бе казано по-горе самият газов поток може да повлияе на състоянието на обекта, като причинява вторични емисии, деструктивни и топлинни процеси.

По този начин в процеса на газоразрядната визуализация се формира определена последователност от информационни трансформации, кодираща състоянието на сканирания биологичен обект (БО) например и характеристиките на протичащите в него физиологични процеси и биологични показатели. Именно тези физико-химичните и емисионни процеси, както и процесите на отделяне на газ играят решаваща роля в процеса на формирането газоразрядните изображения – фиг.9 .



Фиг. 9 ГР- изображение на палец на човек – при спокойствие (1) и при стрес (2)

Характеристиките на изследвания обект зависят от промените в съпротивлението на изследвания обект (като цяло) и от съпротивлението на отделните участъци по повърхността му (структурните и емисионните свойства). Промените в горните параметри се проявяват най-активно върху кожата поради наличието рефлексогенните зони и биологично активните точки върху нея.

Нееднородността на сканираната повърхност на БО и неговия обем и процесите на излъчване на заредени частици или излъчването на газове оказват влияние на параметрите на ЕМП, като по този начин променят и параметрите на газовия поток. Такива параметри се явяват характеристиките на разрядния ток и оптичното излъчване. Основната информация се извлича от характеристиките на светлината, която е пространствено разпределена група от области с различна яркост. Приемникът на излъчването преобразува пространственото разпределение на яркостта в изображение, а анализът на характеристиките на амплитудата на

видеосигналите води до формирането на набор от параметри, на базата на които експериментаторът формира своите заключения.

Заключение

В заключение може да се каже, че газоразрядната (ГРВ) визуализация, която е известна още с името биоелектрография, е интересен и значим дистанционен метод. Газоразрядните изображения притежават завидни информационните качества. В световен мащаб слаботоковият електрически разряд се използва много успешно за различни научни и научно-приложни цели при изучаването на множество обекти като например за откриването и документирането на дефекти на различни материали от органичен или неорганичен произход, за изучаването на нееднородността на диелектрическата пропускливост, за изследването на микрорелефа на някои повърхности и т. н. Освен това, трябва да се подчертае, че в някои отношения, методът на газоразрядната фотография е дори незаменяем и намира широко приложение в различни области на медицината и биологията като например за обективна динамична диагностика на състоянието на биологични обекти (растения, животни и хора).

Въпреки, че теоретичните постановки на метода на газоразрядната фотографии са известни отдавна, той все още не получил достатъчно широко разпространение. Ето защо е необходимо и за в бъдеще да продължат изследванията, насочени например към подобряването на рязкостта на изображения, към разработването и внедряването на системи за визуален и автоматизиран контрол на качествата на изображенията, към създаването на нови методи за еднозначна интерпретация на ГР изображения и т. н.

Литература:

1. А. с. 1059538 СССР. МКИ G03D 17/00. Способ получения изображений электрических неоднородностей плоских объектов, *В.В. Кожаринов*, Открытия. Изобретения. – 1983. – № 45.
2. А. с. 1378814 СССР. МКИ А61В 5/00. Устройство для исследования излучения биологических объектов в высокочастотном электромагнитном поле, *О.А. Семенов*, Открытия. Изобретения 1988. – № 9.
3. Баньковский Н.Г., Коротков К.Г. Изучение физики процесса газоразрядной визуализации, Письма в ЖТФ, 1982. – Т. 8. – № 437. *Баньковский Н.Г., Коротков К.Г., Петров Н.Н.* Физические процессы формирования изображений при газоразрядной визуализации («эффекте Кирлиан»), Радио-техника и электроника, 1986. – Т. 31. – № 4
4. Ермолаев В.А., Похолков Ю.П., Шустов М.А., Исмаилова О.Л., Азикова Г.И., Руднев С.В. Радиография и радиографические ячейки. – Томск, РИО «Пресс-Интеграл» ЦПК ЖК, 1997.
5. От эффекта Кирлиан к биоэлектрографии, под ред. К.Г. Короткова – СПб.: Изд-во «Весь», 1998г.

АВТОР:

Доц. д-р инж. **Нели Димитрова Здравчева**,
УАСГ
neli_z@abv.bg,