

SELÉNYI PÁL ÉS A XEROGRÁFIA

Tar Domokos
Hombrechtikon, Svájc

A Bádeni (Svájc) Brown-Boveri & Co. cég kutató–fejlesztő fizikai laboratóriumában történt 1960-ban. Munkaterületünk: az erősáramú Si-diódák és tirisztorok (SCR) kifejlesztése, ezen belül a mérés technika volt. Akkor kaptuk meg az amerikai Xerox cégtől az első fénymásoló gépet. Egy eladómérnök előadást tartott a gépről és elmondta, hogy a gépet *Chester F. Carlson* egy amerikai szabadalmi ügyvéd találta ki 1938-ban. Erre az egyik svájci kollégám, *G. Induni* villamosmérnök (ETH) szót kért és kijelentette, hogy a készüléket nem Carlson, hanem *Selényi Pál* fizikus professzor, az ő budapesti barátja találta ki sokkal korábban, már 1935-ben. Selényi gépét ő maga is látta, mikor Selényi azt a zürichi ETH-n bemutatta. Annak is egy hengere volt, amit kézzel lehetett hajtani, forgatni és a gép jó másolatokat készített. Az előadó semmit se tudott Selényiről.

Rögtön felfigyeltem, mert Selényinek diákja voltam a budapesti ELTE-n 1953-ban. Igen kedveltem Selényit, mert vérbeli kísérleti fizikus volt: dimenziókkal számolt, így a fizikai nagyságok összefüggését, lényegét kitűnően, érthetően megmutatta sok matematikai formalizmus nélkül. Nagyon eredeti volt, a kutató fizikus sugárzott ki belőle. Sajnos, nem sok órát adott, mert akkor már betegeskedett.

Az előadás után rögtön utánanézttem. Kíváncsi voltam, hogy mi az igazság ebben, mert ha jól emlékszem akkor hallottam először (28 évesen) a Selényi fénymásoló készülékéről.

G. Induni közölte velem a Selényi publikációinak forrásait, amiket Berlinből rendeltem meg [1–5]. Ő azt is említette nekem, hogy Selényi hiába szabadalmaztatta készülékét ([5] 608. o. lábjegyzete) Magyarországon, annak alkalmazását a Térképészeti Hivatal is visszautasította (többek között). A találmányt Selényi az USA-ban is szabadalmaztatta.

A további utánakeresést abbahagytam, azzal a szándékkal, ha majd egyszer ráérek részletesebben utánanézek a dolognak. Nos, erre csak 36 év elteltével, nyugdíjazásom után került sor. Selényi publikációinak referenciáit azóta is megőriztem. Itt az a célom, hogy az időbeli eseményeket,

összefüggéseket felvázoljam és a Selényi és a Carlson találmánya közötti különbségeket megértsük. Mielőtt ebbe belekezdene, röviden bemutatom a másik feltalálót.

Chester F. Carlson (1906–1968) Seattle-ben született (USA). Az alábbiakat a saját életrajzából ragadtam ki [6]: Középiskola után 1930-ban fizikus diplomát szerzett. Pályafutásában először rövid időre laborba ment dolgozni, de nem kedvelte a labormunkát, szabadalmi ügyvéd lett. Itt jól volt informálva Selényi amerikai és angol szabadalmairól, angol és német cikkeiről. (Megjegyzés: Selényi többet publikált, mint szabadalmaztatott, Carlson csak szabadalmaztatott. 22 évvel volt fiatalabb Selényinél.)

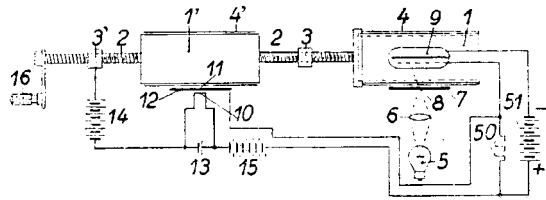
Selényi és Carlson fontosabb munkái időbeli sorrendben:

1929. január 18. Selényi: Eljárás és készülék elektromos képek rögzítésére. USA-szabadalom [7]. Ez a cikk a gyorsan mozgó jelek elektrosztatikus rögzítésével és előhívásával foglalkozik az oszcilloszkóp külső képernyőjén.

1935. március 20. Selényi: Képek előállítás. USA-szabadalom [8]. Az ionágyú segítségével elektrografikusztatikus hang- és képátvitel rádióhullámokon keresztül, a televízió egyfajta elve. Itt a hatodik oldalon már szerepel az elektrosztatikus képátvivő berendezése. Magyar szabadalom: 1934. március 22.

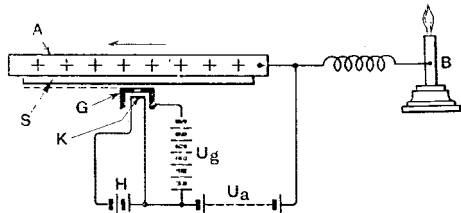
1935. augusztus 29. Selényi: Egy új elektrosztatikus képátviteli eljárás és alkalmazásai [4]. Erről a cikkről a *Fizikai Szemle* 1985. 3. számában részletes beszámoló jelent meg [9], ábrákkal együtt. Elnézést kérek, hogy a könnyebb érthetőség végett ebből a cikkből pár ábrát meg kell ismételnem.

Selényi képátvivő készülékének elve ([4] és 1–4. ábrák): Az adóhenger leírása: Üveghenger felületén van a lemásolandó kép pozitív vagy negatív transzparens formájában. A henger előtt van egy lyukblende, amit egy lámpa világít meg. A henger belsejében lévő fotocella a ráeső fénnel arányos áramot ad. Az ionágyú (2. ábra) a baloldali henger előtt van, nem egyéb, mint egy a levegőben fűtött trióda-cső. A fotokatód platinadrót, a fűtést a telep (13) adja. A rácstól a 12-es fém képezi aminek köze-

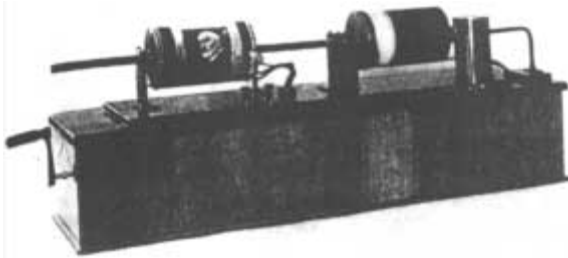


ábra. Selényi képátvivő berendezése. 1–1' hengerek: 2–3–3' csavarmenetes tengely; 5–6–7–8 a fénypont előállítására; 4 diafilm; 9 fotocella; 10–11–12–13 ion-ágyú, 4' keménygumi vagy plexi fólia

1. ábra. Selényi képátvivő berendezésének elve [9, 4].



2. ábra. Selényi elektron(ion) ágyúja [12].



3. ábra. Selényi elektrostatikus képmásoló készüléke [10].



4. ábra. Selényi elektrostatikus képmásoló készüléke [5].

pén egy lyuk van. A rács össze van kötve a fotocella áramkörében lévő ellenállással (50), ahonnan megkapja a kivezérést. Az anódfeszültség szívó hatására negatív levegő-ionok folynak a rács lyukain keresztül és feltöltik a viaszos papírt, ami a bal hengerre van feszítve.

Minél világosabb a kép egy helye, annál nagyobb a fotocella árama, annál erősebb a trióda kivezérése és annál több töltés kerül a viaszos papírra. Beporozás után (lykopódium) a kép láthatóvá válik. A fixálás melegítéssel történik és a kép maradandó lesz. Ezzel a készülékkel (3. ábra) másolta Selényi az Eötvös Loránd fényképét. Az [5]-ös cikkben említi Selényi, hogy a készülékéről a Tungstram szabadalmat kapott (608. o. lábjegyzet).



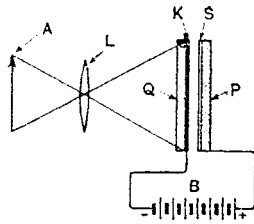
5. ábra. Selényi elektrostatikus képátvitele, amit a 3. ábrán látható készülékkel vett fel [12].

1936. április Selényi: Elektrostatikus képrögzítés [10]. Ez a cikk USA-ban jelent meg és részletesen leírja a képmásoló készüléket (3. ábra). Ez egy kisebb kivitelezése volt annak a készülékének (4. ábra), ami az [5] német cikkben jelent meg. Ezzel a készülékkel másolta le a Balaton térképét (címképünk). Ezt a cikket olvasta Carlson 30 éves korában, amittől kapta az ötletet ([6] 36. o.). Selényi akkor 52 éves volt. Valószínűleg ezt a készüléket mutatta be Selényi Zürichben és ezt látta G. Induni.

1938. június Selényi: Az Elektrográfia alkalmazása a televízióban [12]. Ez a cikk azért fontos, mert Selényi nemcsak beszámol angolul a képmásoló módszeréről, készülékéről és az átvitt képről (2, 3, 5. ábrák), hanem bemutat egy új ötletet: az elektronemissziós fotokamerát (6. ábra). Ezzel tudott egyszerre egész képeket másolni és kivetíteni. Ennek a fénymásolásnak az elve a következő (6. ábra): Az A-képet az L-lencse a Q-kvarclemezel felületére felvitt fotokatódra vetíti. A szigetelő S-ernyő K-tól kis távolságra van (1 mm). A P-fémánódon van a paraffinnal impregnált papír. K és P között magas feszültség van, ami átszívja a papírra az elektronokat, negatív ionokat. A láthatatlan elektrostatikus képet lykopódium porral hívják elő. Carlson olvasva Selényi e cikkét gyorsan egymás után négy szabadalmat csinált (lásd a következőkben):

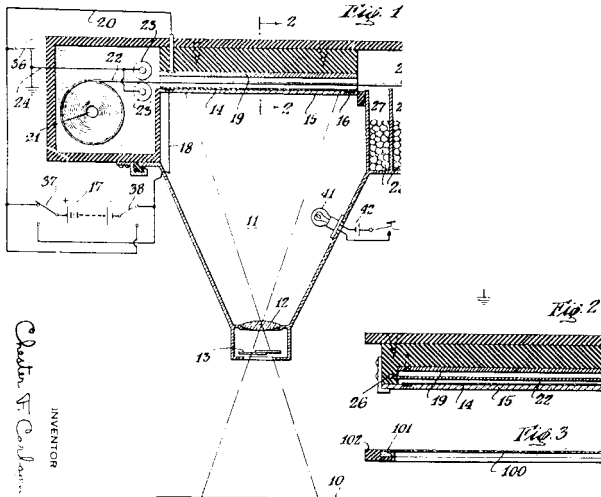
1938. szeptember 8. Carlson: Elektrofotográfia. USA szabadalom [13]. Ez pontos másolata Selényi ötletének, amit Selényi [12] 2 hónappal korábban közölt. A különbség csak az, hogy Carlson félautomata formában (papíron) megszerkesztette. Carlson szabadalmából itt csak a 7. ábrát mutatjuk, ami pontosan megegyezik Selényi 6. ábrájával.

1938. október Selényi: Gyors elektromos jelenségek elektrografikus rögzítése [11]. Ebben a cikkben Selényi egy elektrografikus oszcillográfot mutat be általános laborhasználatra, mellyel pontosan tudott időt mérni 100 kHz-ig.



ábra. Elektrografikus kamera [3]. *L* kvarcเลนese *A* tárgy képét a *Q* kvarclemez felületére felvitt *K* fotókatódra vetíti. A szigetelő *S* ernyő *K*-tól kis távolságra ($< 1 \text{ mm}$) van, *P* fémanód felületén. *B* feszültségforrás 1500 V értékű

6. ábra. Selényi fotoemissziós kamerájának elve [12].



7. ábra. Fotoemissziós képmásoló készülék (Carlson) [13].

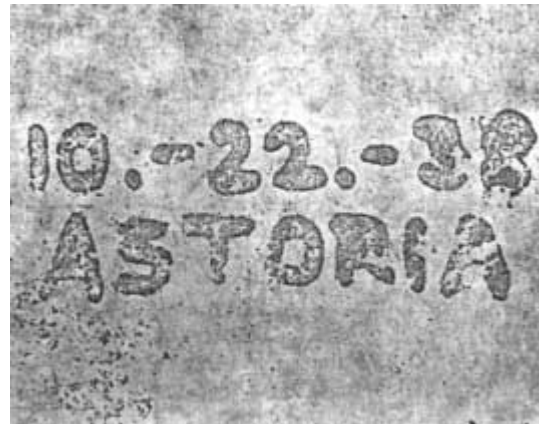
1938. október 22. Carlson és Otto Kornei: Az első Xerox-kópia fotovezető rétegen (8. ábra). Carlson életrajzában ([6] 36. és 13. o.) erről így számol be:

Selényi cikkét az Electronics-ban olvasva [10], amely leírta a másolás pásztázó módszerét, elgondolkozott az elektrosztatikus képformálásról a fotovezető rétegeken. Ennek következtében labormunkára egy Kornei Ottó nevű német emigráns fizikust alkalmazott, akinek segítségével közösen megcsinálták az Astoria hotelban az első Xerox fénymásolatot. A fotovezető tiszta kén volt, amit cinklemezzre olvasztottak és megszártították. A képet lykopódiummal hívták elő (8. ábra).

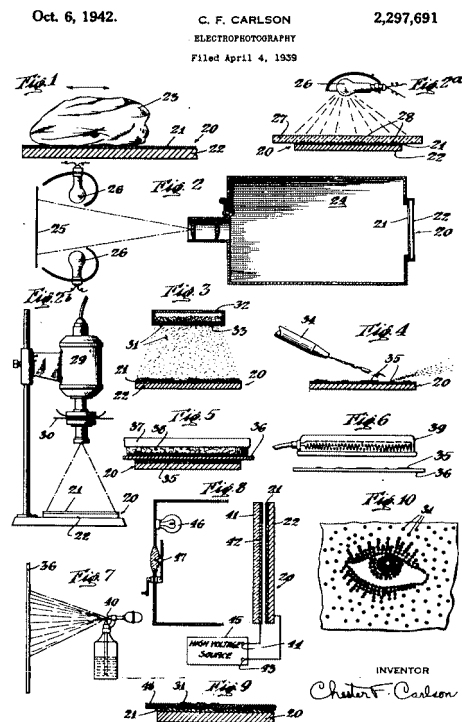
1939. április 4. Carlson: Elektrofotográfia [14]. Ez a xerográfia alapszabadalma (9. ábra), amit Carlson kísérletileg Kornei Ottóval együtt dolgozott ki ([6] 36. o. és 8. ábra). A találmányon csak a Carlson neve szerepel.

Az elv a következő (10. ábra részben): Egy fotovezető réteget visznek fel egy földelt fémlemezre. Utána a réteget dörzsöléssel feltöltik (a koronafeltöltés később jött). Ezután a képet rávetítik. Ennek következtében a fotoelektromos réteg a megvilágított helyeken kiszül. A rejtett elektrosztatikus képet porral előhívják, papírt nyomnak rá, amire ráragad a por, és a képet később hevítéssel, lakkkal fixálják. Ez a szabadalom lényege.

1939. június 27. Carlson: Elektromos rögzítés és képátvitel [15] USA szabadalom. Carlson javasolja itt a fotoelektromos réteget a telegráfia (távirat), képátvitel (fax) és televíziós képek átvitelére dróton vagy rádióon kereszt-



8. ábra. Az első Xerox fénymásolat Carlson és Kornei által [6, 9].



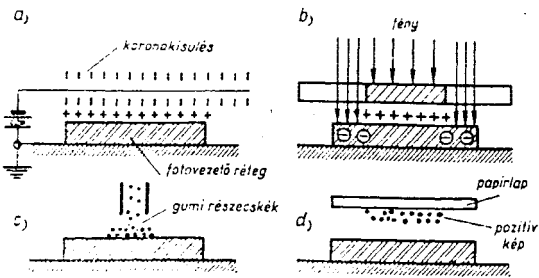
9. ábra. A Xerográfia alapszabadalmából [14].

tül. Ez Carlson válasza Selényi cikkére [11], ahol Selényi ugyanezen célokra javasolja az elektrográfiját.

1940. november 16. Carlson: Elektrografikus készülék. USA szabadalom [16]. Az alapszabadalom után Carlson tovább tökéletesítette a gépet. Ebben a technikai részletek kidolgozását vázolja fel (11. ábra). Itt azonban még mindig a dörzsölés módszerével (forgó kefések hengerrel) töltik fel a rétegeket.

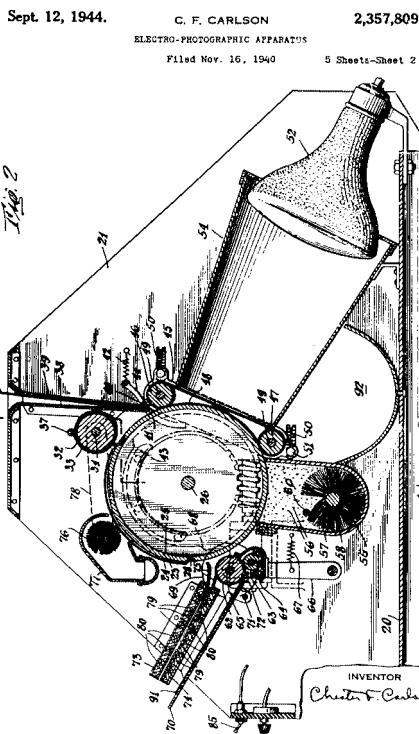
Ezután Carlson cégeket keresett, akik a találmányát megvennék és gyártanák. A Kodaktól és General Electric-től negatív választ kapott ([9] és [6] 14. o.). Végre 1944-ben megegyezett a Battelle Memorial Intituttal (Columbus, Ohio), hogy az Intézet kidolgozza és tökéletesíti Carlson gépét. A Battelle Intézet¹ megbízásos kutatások-

¹ A szerző a genfi Battelle Memorial Institute kutatóintézetében dolgozott egy a Xerox Corporation által fizetett programon: az organikus fotovezetők mérés technikája területén 1964-66-ig [17-19].



10. ábra. A Xerográfia elve [9].
 ábra. A xerográfia elve: a, – a felület feltöltése; b, – a megvilágítás töltésképet hoz létre; c, – feltöltött gumi-részecskék ezt optikai képpé alakítják; d, – a kép papírlapra nyomódik át

10. ábra. A Xerográfia elve [9].



11. ábra. A Xerográfia alapgépe részletesebben [16].

kal foglalkozott és foglalkozik 1947-ben a Haloid (Rochester) cég kapcsolódott be a fejlesztésbe, aki engedélyt szerzett Battelle-től és tovább fizette a kutatást Battelle-nél. Haloid 1947-ben Xeroxra változtatta a nevét. (xeros = száraz, graphos = írás, görgül.) Azelőtt ugyanis a Haloid nedves kémiai eljárással készítette a kópiákat, ami komplikáltabb és drágább volt. Az ipari kifejlesztés tehát a Xerox érdeme. 1950-ben jelent meg a xerox-gép sorozatgyártásban [20–22], ami már szelén fotovezetőt használt. A szelén-hengert pedig már koronakisüléssel magas feszültségű drótokon töltötték fel [9] (10. ábra). Selényi a szelén területén is úttörő munkát végzett. Először hívott elő képet szelénen (12. ábra), tehát észrevette az amorf szelén fotovezető tulajdonságát [24]. Sajnos az ő rétegei alacsony ellenállásúak voltak, és így elektrosztatikus töltések nem tudtak rajta kifejlődni. (Selényi valószínűleg nem ismerte a Demeulenaere szabadalmát [23].) Később be is bizonyították, hogy a szelén a legjobb fotovezető [20, 21, 25] és a legalkalmasabb a xerográfiai célokra.



12. ábra. Selényi fénymásolata szelén felületére [25, 24].

Tehát Selényi itt is jó nyomon járt. A szigetelő rétegek sztatikus feltöltésére már 1934-ben javasolta a szögek és drótok koronakisülését [8] 6. o.), amit jóval később meg is valósítottak. De Selényi már nem tudta felvenni a versenyt több cég kutatócsoportjával.²

Összefoglalásként mondhatjuk, hogy (tágabb értelemben) Selényi Pál volt az elektrosztatikus fénymásolás (képátvitel) feltalálója.

Chester F. Carlson volt (szűkebb értelemben) a fotovezetős elektrosztatikus fénymásolás feltalálója.

Amint láttuk, Carlson szabadalmainak [13–16] dátuma szoros korrelációban van Selényi publikációival és szabadalmaival, mert azok Selényi után 2, 4, 9 és 12 hónappal később jöttek (1938. júniustól) [12]. Ebből azt a következtetést lehet levonni, hogy Carlson az ötleteinek nagyobb részét Selényitől kapta. Tehát Selényi előkészítette a talajt Carlsonnál. Carlson ezt életrajzában el is ismeri [16]. 36 old.)

Carlson és Kornei alap gondolata a következő lehetett: A Selényi-féle elektrosztatikus pásztázós módszer komplikált, de ugyanakkor pont a Selényi által javasolt elektronemissziós módszer [12], ahol az egész képet egyszerre meg lehet alkotni (kivetíteni), egyszerű és nagyszerű (6. ábra). Carlsonék tehát keresték a két módszer kombinációját, olyan eljárást, melyben az egész felület fel van töltve elektrosztatikusan, és azt a kép vetítésével a megfelelő helyeken egyszerre lehet kisütni. Ezt a lehetőséget pedig egy olyan izoláló, magas ellenállású réteg adja, ami sötétben izolál és így feltölthető, de világosságban az ellenállása lényegesen lecsökken és így kisüthető. Ezek a fotoelektromos rétegek. Itt Carlsonnak nagy segítségére volt a Demeulenaere szabadalma [23]. Ez már 1932-ben egyesítette a szelén fotovezetőt az elektrosztatikus eljárással, ahol egyszerű vetítéssel szintén az egész képet készítette el. De ez még nagy praktikus hátrányokkal rendelkezett és nem volt sikere.

Az első sikeres (fotoelektromos és elektrosztatikus) képet Carlson és Kornei Ottó készítette (8. ábra).

Ha a Magyarországon lévő politikai változások nem befolyásolták volna Selényi életét, ő is rájött volna a fotovezetős képátvitelre, hiszen már 1941-ben foglalkozott a szelénrel [24] 12. ábra, [26] 314. o.), aminek az amorf formájából később a legjobb fotovezetőt készítették. Magyarországon túl kevés volt a támogatás és érdeklődés Selényi munkái iránt [26].

² A Tungramban a lykopódium-beporozással működő Selényi-féle gép beceneve *pornográf* volt (Bay Zoltán megjegyzése).

Selényi egyedül harcolt, de nagyot alkotott. Egy új technikai korszak úttörője volt [27, 28]. Az 1945–50 években már nem tudhatta felvenni a versenyt azokkal az amerikai vállalatokkal és intézetekkel (Xerox, Battelle és RCA), amelyek már a gép tökéletesítésén dolgoztak. Az elektrosztatikus fénymásolás ténye az egész emberi társadalomra kihatott. Selényi nélkül még 10–20 évet is kellett volna várni a xerográfiára.

A Xerox vállalat lett 1950 óta évtizedeken keresztül az USA egyik legjobban fejlődő cége [22]. Világszerte talán 100 ezer embernek ad kenyeret a fénymásoló gép. Ma már automatikusan és fáradhatatlanul másodpercenként két oldalt is lemásol, akkor is, ha mindkét oldalon van írás, kicsinyít és nagyít, színes másolatokat is készít, és ha hiba van, megáll és jelzi a hibát.

Azt hiszem ezek után már könnyen megválaszolható az a kérdés, hogy érdemes-e a fizikusokat támogatni, bármilyen irányból is fújjon az uralkodó szél az országban.

Selényi Pál jó tanárom volt. Tisztelem emlékét.

Irodalom

1. P. SELÉNYI: Über die Verwendung der negativen Ladung der Kathodenstrahlen als Schreibmittel im Kathodenstrahloszillographen – Zeitschrift für Physik 47(1928) 895–897
2. P. SELÉNYI: Über die durch Kathodenstrahlen bewirkte elektrische Aufladung des Glases und deren praktische Anwendung – Zeitschrift für technische Physik (1928) Nr. 11, 451–454
3. P. SELÉNYI: Über die weitere Entwicklung der neuen, mittels elektrostatischen Ladungen schreibenden Kathodenoszillographröhre – Zeitschrift für technische Physik (1929) Nr. 11, 486–489
4. P. SELÉNYI: Elektrographie, ein neues elektrostatisches Aufzeichnungsverfahren und seine Anwendungen – Elektrotechnische Zeitschrift 56 (1935) Heft 35, 961–963. Ez a fontos cikk nincs benne a Gesammelte Arbeitenben (Akadémiai Kiadó) [26].
5. P. SELÉNYI: Methoden, Ergebnisse und Aussichten des elektrostatischen Aufzeichnungsverfahrens. (Elektrographie) – Zeitschrift für technische Physik (1935) Nr. 12, 607–614
6. J. H. DESSAUER, H. E. CLARK (szerk.): *Xerography and related processes* – The Focal Press London and New York (1965). Ez egy fontos könyv, részletesen tárgyalja az egész xerográfiát.
7. P. SELÉNYI: Process and Apparatus for Drawing Electrical Pictures – US-Patent: 1,818,760 Aug. 11, 1931, Appl. date: Jan. 18, 1929
8. P. SELÉNYI: Production of Images – US-Patent: 2,143,214 Jan. 10, 1939. Appl.: March 20, 1935, Magyarországon: 1934. március 22.
9. VALKÓ IVÁN PÉTER: Emlékeim Selényi Pál képmegjelenítési kutatásairól – Fizikai Szemle 35(1985) 82–86
10. P. SELÉNYI: Electrostatic Recording (Electronography) – Electronics (1936) Apr. 44–46. Ez a fontos cikk nem szerepel a Selényi összes munkáiban [26].
11. P. SELÉNYI: On the Electrographing Recording of Fast Electrical Phenomena – Journal of Applied Physics 9(1938) 637–641
12. P. SELÉNYI: Application of Electrography in Television. The Production of Large Screen Pictures – The Wireless Engineer (1938) June 303–309
13. CHESTER F. CARLSON: Electron Photography – US-Patent: 2,221,776 Nov. 19, 1940, Appl. date: Sept. 8, 1938
14. CHESTER F. CARLSON: Electrophotography – US-Patent: 2,297,691 Oct. 6, 1942, Appl. date: Apr. 4, 1939
15. CHESTER F. CARLSON: Electric Recording and Transmission of Pictures – US-Pat. 2,277,013 March 17, 1942. Appl. date: June 27, 1939
16. CHESTER F. CARLSON: Electrophotographic Apparatus – US-Patent 2,357,809 Sept. 12, 1944, Appl. date: Nov. 16, 1940
17. Meeting Photosensitization in Solids (Illinois Inst. of Techn. Chicago 22–24 June 1964), reported in Science 146 88–90, p. 89: H. HOEGL: (Institut Battelle Geneva): „Sensitization of polymeric N-Vinyl-Carbazole: Photosensitivity was investigated by an ingenious method in which the photo-induced discharge rate was measured after charging from a corona.”
18. H. HOEGL, D. TAR, G. BARCHIETTO: Application of Electrostatic Measurement Methods for the Study of Photoconductivity in Organic Materials – Congress Intern. de Science Photographique, Paris 1965. 27. Sept. – 2. Oct.
19. H. HOEGL, G. BARCHIETTO, D. TAR: On the Photoconductive and Optical Properties of Poly-N-Vinyl-Carbazole Films – Intern. Conf. on Luminescence, Budapest, 23–30 Aug. 1966, 132
20. R. M. SCHAFFERT ET AL: Xerography: A new Principle of Photography and Graphic Reproduction – Journal of the Optical Society of America 38 (1948) 991–998
21. P. WEIMER: Photoconductivity in Amorphous Selenium – Physical Review 79 (1950) 171
22. W. SAXER: 50 Jahre Xerographie – EC-Woche, Schweiz (1988) Nr. 42, 21
23. M. DEMEULENAERE: Belg. Patent 389,155; June 18, 1932: „Photography Process without Development”
24. P. SELÉNYI: Photography on Selenium – Nature 161 (1948) Apr. 3, 522
25. W. E. BIXBY: Xerographic Plate and a Process of Copy-Making – US-Patent 2,970,906 Febr. 7, 1961, Appl. date: August 5, 1955
26. PÁL SELÉNYI: Gesammelte Arbeiten (összes munkái) Herausgegeben von ZALÁN BODÓ, Akadémiai Kiadó Budapest, 1965. 473 o. – Ebből a gyűjteményből hiányzik két fontos cikk: [4] és [10]. Ezen kívül egy szabadalom sincs benne.
27. *Selényi Pál, Magyar Életrajzi Lexikon, 2. kötet* – Akadémiai Kiadó Budapest, 1969, 615 o.
28. *Selényi Pál, Magyarok a természettudomány és a technika történetében* – OMIKK, Budapest, 1992, 462–463