



CCD technika

CCD-spektroszkópia amatőr csillagászoknak I.

A hazai csillagászati szakirodalom, de a külföldi még inkább, gyakorta kényezteteti el amatőrjeinket a spektroszkópia témaköréből vett írásokkal. Az elméleti alapokról sok szó esett, de kevesebb a színképelemzés konkrét technikai kivitelezéséről, az adatok feldolgozásáról és azok értelmezéséről. A csillagászatban mára szinte egyeduralkodóvá váló digitális képrögzítés és a hagyományos spektroszkópai eszközök – különösen a megfelelően támogatott számítástechnikai háttérrel – otthonunkba hozhatják a ma még csak kevesek által művelt új műfajt, az amatőr CCD-s spektroszkópiát. Jelen összefoglaló cikk csupán betekintést kíván adni a színképelemzés amatőrök által is művelhető technikájába.

Elméleti alapok

Színképet optikai ráccsal vagy prizával is létrehozhatunk. Az olyan eszközt, amely a spektrumot létrehozza, spektroszkópnak, az olyat, amelyik a színképet rögzíti is, spektrográfnak nevezzük. Prizma esetében a fénytörés hullámhossz-függését (diszperzió), rács esetében a fényelhajlást (diffrakció) használjuk ki a színkép létrehozására.

Az optikai rács és működése. Az összetett fény útjába helyezett optikai rács a fényt színeire bontja. A jelenség a fényelhajlásnak köszönhető, melynek során fény jut az optikailag átlátszatlan test árnyékába is. A Babinet-elv értelmében a „fényhullám útjába helyezett kicsi akadály és az ugyanolyan nagyságú (komplementer) nyílás a geometriai optikai képen kívül több, a geometriai képhez hasonló elhajlási képet hoz létre.”. Egy optikai ráccsal azonban nem egy, hanem sok akadályt állítunk a fény útjába, az egyes rácsperiódusok interferenciája így létrehozza a spektrumot. Ha p egy rácsperiódus szélessége, akkor a fény diffrakció okozta eltérésére (σ_m) érvényes, hogy

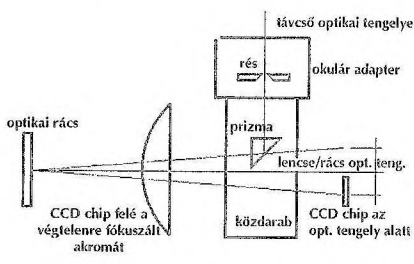
$$\sin \sigma_m = \frac{m\lambda}{p} \quad (1).$$

Egy adott hullámhosszat kiszemelve az ahhoz tartozó maximumhelyek a rács mögötti ernyőn keletkező interferenciaképben mindig máshova esnek, vagyis minden $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ értékhez egy-egy színkép tartozik (1. ábra). A 0-ad rendű színkép gyakorlatilag nem színkép, hiszen itt minden hullámhossznak maximuma van, vagyis a fehér fény nem bomlik fel. Ez tehát magának – a mi esetünkben – az égitestnek a hagyományos értelemben vett képe. Az amatőr spektroszkópai gyakorlatban ez kiváló kalibrációs alap, hiszen az objektum első rendű ($m = 1$) spektrumához tartozó hullámhossz itt épp 0 nm. További segítség, hogy optikai rácsnál a CCD-vel rögzített spektrum kék és vörös tartományában ugyanaz a pixeltávolság ugyanakkora hul-

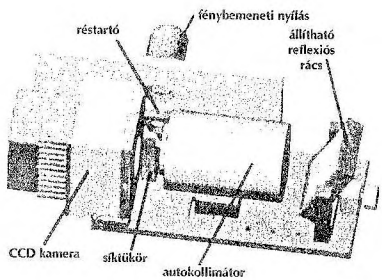
si, mobilitási problémák, emiatt csak korlátozottan használható és főként amatőr célokra megfelelő. A rács könnyen koszolódik a gyakori szét- és összeszerelés miatt, aminek tisztítása kizárólag speciális, sűrített levegős megoldással lehetséges, törölni, hozzáérni TILOS.

Hasonlóan egyszerű felépítésű az objektívprizmát használó és/vagy optikai ráccsal is ellátott spektrográf, ennek beszerzése azonban nem egyszerű feladat. Ráadásul nem is tartozik a könnyen fizethető kategóriába, mert előállítás, megmunkálási pontossága, üvegyanyaga speciális, emiatt pedig drága. Ilyen prizmát használt Maurice Gavin angol amatőr spektrális felvételeihez, és ilyen prizma csatlakoztatható a 60 cm-es piszkés-tetői Schmidt-távcsőhöz is.

Kicsit bonyolultabb elrendezésű, de nagy hatékonyságú eszköz a reflexiós ráccsal használó Littrow-féle spektrográf, melyet kiváló eredményekkel használ a francia Christian Buil vagy az előbb említett angol amatőr, aki a kollimátor- és kameralencsék helyett egyetlen objektívet használt fel spektrográfiájában az ún. autokollimációs elrendezés (6. ábra) előnyét kihasználva. A távcsőből érkező fény egy résen (opcionális) halad keresztül, ami csökkenti a szcintilláció hatását, illetve csak a kiválasztott objektum fényét engedi a spektrográfba. A kis méretű prizma a lencsén át (mely ekkor kollimátorként szolgál) a reflexiós rácsra vetíti az égitest fényét, amit az színeire bont (600 vonal/mm), majd a visszavert spektrumot a lencse (mely ekkor már kameralencseként működik) a CCD chipre fókuszálja. Mind az autokollimátor, mind a rács mozgatható, ui. nem mindig sikerül a teljes spektrumot egyszerre leképezni és gyakran szükség lehet a részspektrumok mozaikolására. A fókuszálást magával a távcső fókuszírozójával és az autokollimátorral végezzük el. A felbontást különböző fókuszú objektívek alkalmazásával (rövid, 28–52 mm fótós alapobjektívek ill. hosszabb, 200–300 mm fókuszú teleobjektívek) változtathatjuk, amivel a képskála az 1–60 Å/pixel határ közé várható.



6. ábra. A Littrow-féle spektrográf

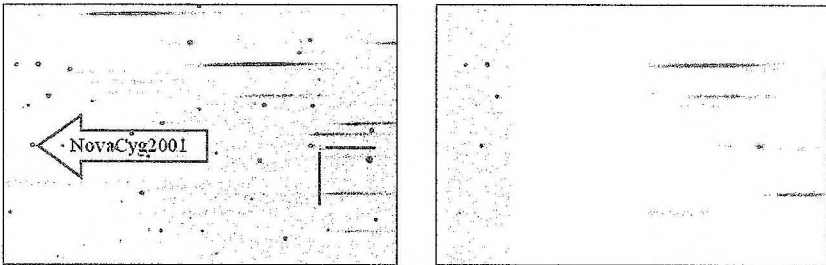


7. ábra. Reflexiós ráccsot és siktüköröt használó spektrográf

Az előző spektrográf egy (a fény eltérítésére prizma helyett siktüköröt alkalmazó) változatát mutatja be a 7. ábra (C. Buil tervezése).

Jól látható, hogy a rácstartó foglalat egy finommenetű csavarral állítható, de itt az állítás oka nem csak a spektrum mozaikolása, hanem maga a spektrumcsík, illetve nagy felbontás esetén annak egy kiválasztott tartományának a CCD-chip felületére vetítése. Az autokollimátor lencse egy csúszkán állítható, illetve rögzíthető. A kamera

itt a spektrográf tervezője által épített CCD kamera. A rendszer tartozéka még a rés, melynek funkcióját az alábbi képpár mutatja be szemléletesen.



8. ábra. CCD spektrogram rés nélkül és réssel. Balra: A Nova Cyg 2001 területéről készült spektrumfelvételen jól látszik, amint a nóra H α emissziója mellett egy háttércsillag hamis emissziót gerjeszt. Jobbra: A baloldali képet réssel elkészítve a hamis csillag már nem okoz problémát. A hatást üvegszállal is elérhetjük, de ez nagyon pontos óragépet és beállítást igényel

A példánkban említett és a 4. ábrán látható, a neves amerikai gyártó, Joe Sivo által épített spektrográf (C. Buil első készüléke is hasonló volt). Itt a szcintilláció, óragép követési, súlyproblémák és egyéb káros hatások kiküszöbölésére a spektrográf a távcsőtől függetlenül kerül elhelyezésre. Egy ún. monomódusú üvegszálon vezetik a fényt a távcsőből a spektrográfba, melyben akromatikus, 80 mm fókuszu, $f/2$ fényerejű kollimátor és fókuszáló lencse vetíti a fényt a CCD chipre. A rács reflexiós optikai rács, 600 vagy 1200 vonal/mm felbontással.

Az ilyen és hasonló típusú spektrográfok tervezésekor már gondolni kell arra, hogy mely spektrumtartományban szeretnénk észlelni, továbbá a vignettálódás elkerülésére vagy csökkentésére méretezni kell az objektíveket. Hasznos megoldás lehet a motoros rács, rés, objektív mozgó szán, ezzel ugyanis finoman állíthatóak, hangolhatóak az említett elemek. A professzionális munkához pedig elengedhetetlen egy erre a célra tervezett, hőstabil spektrállámpa készülékbe építése, ami a hullámhosszkalibrációban segít.

Cikkünk következő részében a spektrumok készítésének gyakorlati technikáiról, a különböző kalibrációkról és a képfeldolgozás eszközeiről lesz szó.

KERESZTY ZSOLT

Csillagvizsgálók, kisplanetáriumok
építészeti tervezése
Szász-Ház Bt., tel.: (20) 424-2381