

Glimmstarter RELCO SC480

Atlas der Emissionslinien

Aufgezeichnet mit den Spektrografen
SQUES Echelle und DADOS

Richard Walker, CH-Rifferswil

richiwalker@bluewin.ch

Version 5.0 05/2017

1 Kalibrierlichtquellen für Echelle Spektrografen

Infolge der Aufteilung des hochaufgelösten Spektrums auf zahlreiche Ordnungen erfordern Echelle Spektrografen Kalibrierlichtquellen, welche über den gesamten Wellenlängenbereich, von Blau bis Rot verteilt, sehr viele auswertbare Emissionslinien erzeugen. Im professionellen-, aber teilweise auch im Amateurbereich, werden meistens Hohlkathodenlampen z.B. mit Eisen, Argon, Thorium etc. verwendet. Diese sind relativ teuer. Freigesetzt durch einen möglichen Lampenbruch sind einzelne der Substanzen zudem nicht ganz harmlos. Weiter ist eine lampenspezifische Hochspannungsversorgung erforderlich.

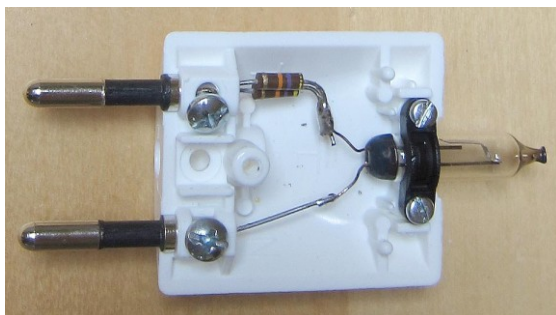
2 Low Cost Alternative

Die vor allem in Amateurbereichen beliebte *Neon Glimmlampe* erzeugt den Schwerpunkt ihrer auswertbaren Emissionslinien im langwelligen Rotbereich des Spektrums. Hier kann sie allenfalls für die Eichung einzelner Ordnungen verwendet werden, kommt aber für die Gesamtkalibrierung eines Echelle Spektrums nicht in Frage.

Der Glaskolben des *Glimmstarters RELCO SC480*, hergestellt vom italienischen Leuchtenproduzenten RELCO, beherbergt einen Bimetallschalter und enthält zudem stark unterschiedliche Anteile der Edelgase *He*, *Ne* und *Ar*, sowie *H* (vermutlich erzeugt durch die Aufspaltung von Wasserdampf im Glaskolben). Dieser Mix kann durch eine simple Modifikation des Starters zur Erzeugung *mehrerer hundert* auswertbarer Emissionslinien angeregt werden. Es gibt auch professionelle Eichlampen mit dieser Gasmischung.

3 Modifikation des Glimmstarters

Diese Einheit kann mit minimalen elektrotechnischen Kenntnissen zur Kalibrierlichtquelle modifiziert werden, indem sie über einen Vorwiderstand von ca. 24 k Ω mit 230V versorgt wird. Die folgende Abbildung zeigt eine mögliche Behelfslösung für erste Indoor-Versuche mit parallel geschalteten 2x47 k Ω . Der parallelgeschaltete Kondensator für die Funkentstörung kann für unsere Zwecke entfernt werden. Vor dem Verlöten muss die Oxidschicht von den Anschlussdrähten des Glaskolbens geschliffen werden. Sollte, infolge von Fertigungstoleranzen, der Schalter periodisch schliessen und öffnen, muss der Vorwiderstand erhöht werden (bis auf >30k Ω !). Speziell in Aussenbereichen wird anstelle des Netzanschlusses dringend die Verwendung eines Spannungsinverters 12VDC/230V AC empfohlen. Der Nachbau erfolgt auf eigene Gefahr!



Derart modifiziert erzeugen diese Gase im Kolben ca. 240 verwertbare Emissionslinien, diejenigen auf den Überlappungen mitgezählt ca. 370. Die Intensität der Wasserstofflinien ist extrem stark der Exemplarstreuung unterworfen. Zahlreiche weitere, hier *nicht* identifizierte und ausgewertete Emissionen, werden durch Legierungsbestandteile, Beschichtungs- und Dotiersubstanzen, wie Wolfram (W), Lanthan (La), Cerium (Ce), Hafnium (Hf), Thorium (Th), sowie Fe, Cr, Sn, Ni, Mn etc. generiert. Deren Identifikation ist allerdings schwierig und sehr spekulativ, da für eine bestimmte Linie fast immer mehrere plausible Bestimmungsvarianten in unmittelbarer Nachbarschaft bestehen.

4 Anwendung für die Echelle Kalibration ($R \approx 20'000$)

In den folgenden Tabellen werden im Bereich von λ 3888 – 8136 [Å] die nutzbaren Emissionslinien dokumentiert, welche sich auf 30 Echelle Ordnungen des SQUES Spektrografen verteilen. Als absolute Ausnahme fallen hier auf die Ordnung 29 (λ 7600 – 7900) nur zwei auswertbare Edelgaslinien, welche aber durch das auffällige Sauerstoff-Triplet ergänzt werden. Zudem besteht hier noch die Eichvariante mit bekannten Wasser- und/oder O_2 Linien des Tageslichtspektrums, nachts reflektiert ab Mond und Planeten.

Der SQUES Echelle Spektrograf ($R \approx 20'000$) erzeugt *nahezu gerade verlaufende Ordnungen*, welche einzeln auch unkompliziert und schnell, mit herkömmlichen Verfahren, z.B. *Vspec*, *RSpec* [25], [26], ausgewertet werden können. Der modifizierte RELCO Starter ermöglicht hier die Wellenlängen-Kalibrierung zur Analyse einzelner, hochaufgelöster Linien. Die nicht wirklich triviale Eichung und Auswertung des Gesamtspektrums mit ISIS oder entsprechender MIDAS Routinen ist ebenfalls möglich, da pro Ordnung deutlich mehr als die minimal erforderlichen drei Emissionen ausgewertet werden können. Mit „*Blend*“ werden in den Tabellen solche Linienpaare bezeichnet, welche mit dem SQUES Spektrografen zwar knapp aufgelöst erscheinen, bei der Kalibrierung mit dem Cursor aber nur schwer *selektiv* markiert werden können. Linien, welche infolge überlappender Ordnungen zweifach erscheinen, sind farbig beschriftet. In den eher schwach besetzten Ordnungen 39, 40 und 43 konnten ergänzend, und mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit, noch Ti-Emissionen identifiziert werden. Diese Linien sind zusätzlich mit einem "?" gekennzeichnet.

5 Anwendung für die Breitband Kalibration ($R \approx 900 / 4'000$)

Da hier sowohl Neon- als auch Argon Emissionlinien erzeugen, ist, speziell im Rotbereich niedrig aufgelöster Spektren, die Bildung von Blends unvermeidlich. Trotzdem sind über das gesamte, breitbandige Spektrum noch mehr als genügend isolierte Linien für eine seriöse Eichung der Wellenlängenchse verfügbar. Die entsprechenden DADOS-Profile sind am Ende dieser Publikation unter Kap. 8 zu finden (DADOS 200- und 900L mm^{-1}).

Ab Version 5 ist hier auch der Infrarotbereich bis ca. 10'000 Å abgedeckt. Relco SC480 generiert hier mehrere Argon Emissionen, welche für eine seriöse Eichung in diesem Bereich ausreichen. Das entsprechende Profil wurde von Joan Guarro Flo (E) aufgenommen – Besten Dank!

6 Anwendung für die Detail Analyse der H α Linie

Die H α Linie ist in der Echelle Ordnung 34 zu finden. Hier können die im aufgezeichneten Spektralbereich vorhandenen, benachbarten Eichlinien nachgeschlagen werden. Für Lhires III / ISIS Nutzer stehen in der Umgebung des bekannten Neon Trios $\lambda\lambda$ 6506/6532/6598, neben der etwas breiten H α Emission, noch zwei Argonlinien bei $\lambda\lambda$ 6538.112 und 6604.853 zur Verfügung.

7 RELCO Kalibrierlinien und SQUES Echelle Ordnungen ($R \approx 20'000$)

Die folgenden Tafeln zeigen die Positionen der einzelnen Emissionslinien, verteilt auf die Echelle Ordnungen des SQUES Spektrografen. Diese können z.B. für die Kalibrierung des Gesamtspektrums mit ISIS oder MIDAS verwendet werden. Die zugehörigen Wellenlängen wurden aus der „*Elements*“ Datenbank von Vspec in die Listen kopiert. Für die Detailkalibrierung einzelner SQUES Ordnungen, stehen die beschrifteten Profile zur Verfügung.

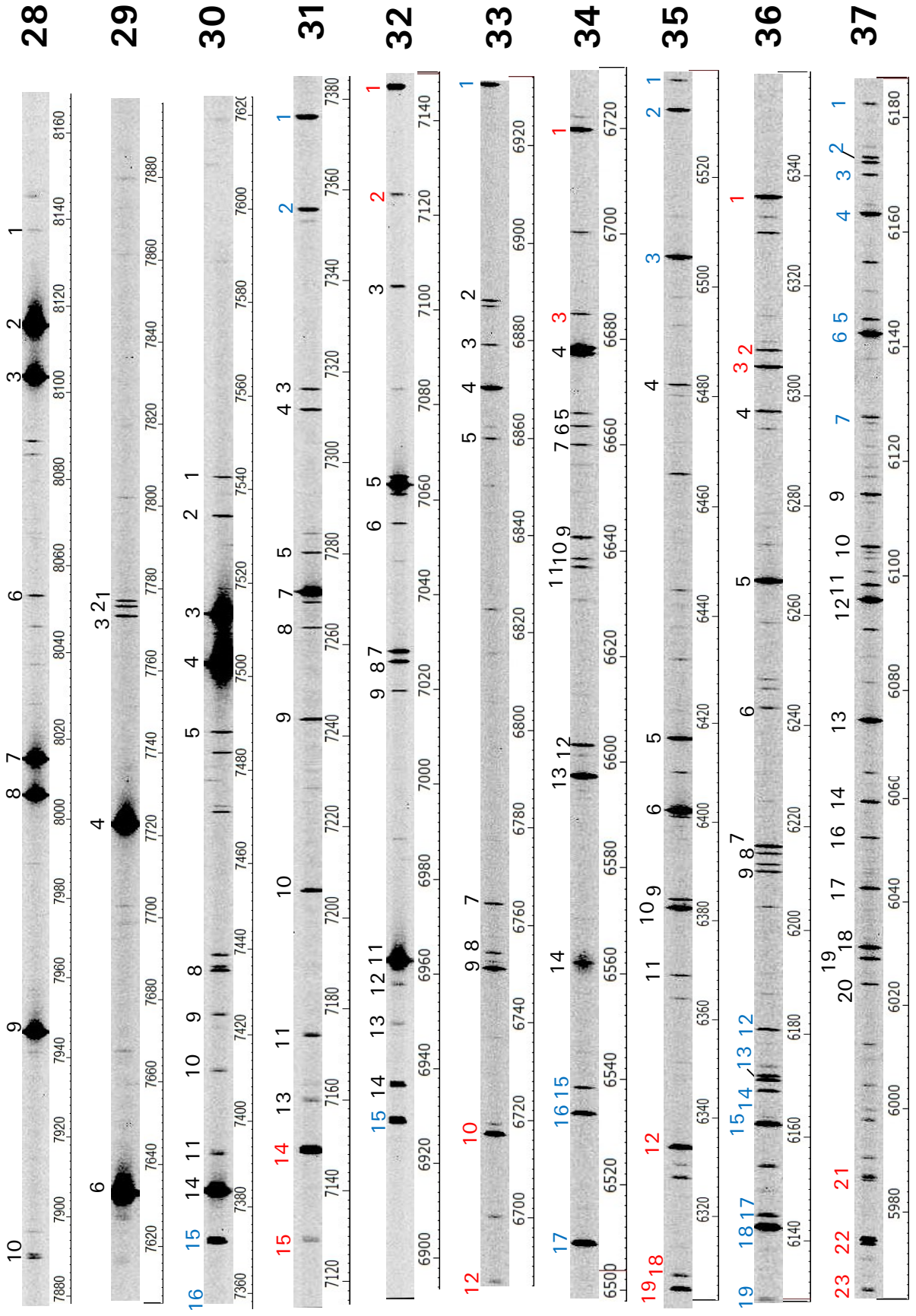
Praktische Hinweise

Zur Sichtbarmachung der schwächeren Kalibrierlinien ist mit Vspec ein Zoom in die Intensitätsachse erforderlich. Für die Gesamtkalibrierung, z.B. mit ISIS, wird man wohl besser nur

die intensiveren Linien selektieren. Emissionen am äussersten Rand der Ordnungen können bei anderen Spektrografen mit gleicher oder vergleichbarer Gitterkonfiguration auch in die benachbarten Ordnungen verschoben erscheinen. Die Intensität, nicht nur der Wasserstofflinien, ist der Exemplarstreuung unterworfen.

Tip: Die Daten können mit *ctrl c* aus dem pdf file kopiert und mit *shift insert* in das Vspec Kalibrierfeld übertragen werden.

Glowstarter RELCO SC480 Calibration Lines SQUES Echelle Orders 28 - 37



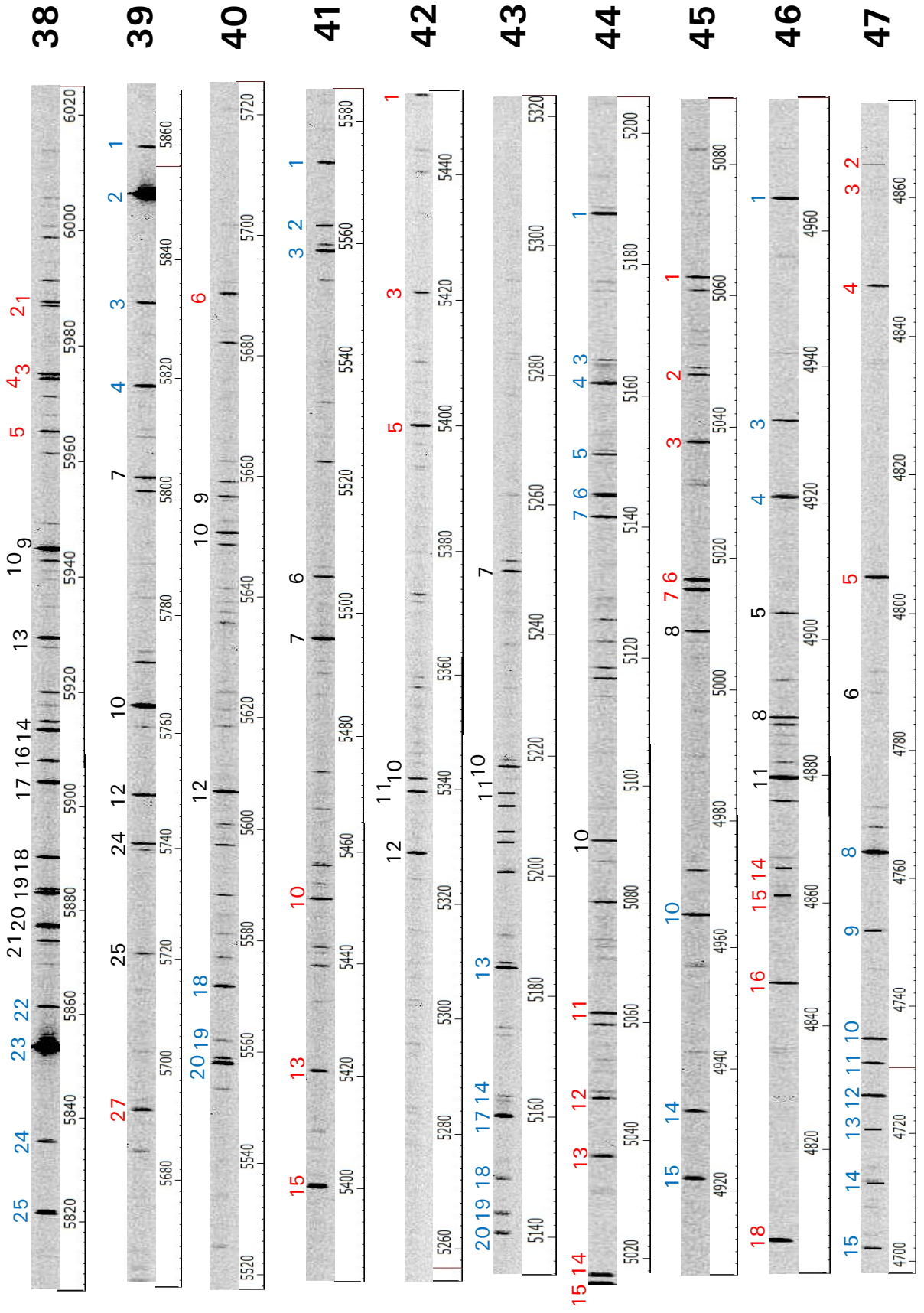
RELCO SC480 Glowstarter Emissionlines SQUES Echelle Orders 28 – 34

28	1	8136.406	Ne	31	1	7372.118	Ar	33	1	6929.467	Ne
28	2	8115.311	Ar	31	2	7353.293	Ar	33	2	6888.174	Ar
28	3	8103.693	Ar	31	3	7316.005	Ar	33	3	6879.582	Ar
28	6	8053.308	Ar	31	4	7311.716	Ar	33	4	6871.289	Ar
28	7	8014.786	Ar	31	5	7281.35	He	33	5	6861.269	Ar
28	8	8006.157	Ar	31	7	7272.936	Ar	33	7	6766.612	Ar
28	9	7948.176	Ar	31	8	7265.172	Ar	33	8	6756.163	Ar
28	10	7891.075	Ar	31	9	7245.167	Ne	33	9	6752.834	Ar
29	1	7775.39	O	31	10	7206.98	Ar	33	10	6717.043	Ne
29	2	7774.17	O	31	11	7173.938	Ne	33	12	6684.293	Ar
29	3	7771.94	O	31	13	7158.839	Ar				
29	4	7723.761	Ar	31	14	7147.042	Ar	34	1	6717.043	Ne
29	6	7635.106	Ar	31	15	7125.82	Ar	34	3	6684.293	Ar
30	1	7544.044	Ne	32	1	7147.042	Ar	34	4	BLEND	Ar / Ne
30	2	7535.774	Ne	32	2	7125.82	Ar	34	5	6666.359	Ar
30	3	7514.652	Ar	32	3	7107.478	Ar	34	6	6664.051	Ar
30	4	7503.869	Ar	32	5	7067.218	Ar	34	7	6660.676	Ar
30	5	7488.871	Ne	32	6	7059.107	Ne	34	9	6643.698	Ar
30	8	BLEND	Ar	32	7	7032.413	Ne	34	10	6639.74	Ar
30	9	7425.294	Ar	32	8	7030.251	Ar	34	11	6638.221	Ar
30	10	7412.337	Ar	32	9	7024.05	Ne	34	12	6604.853	Ar
30	11	7392.98	Ar	32	11	6965.431	Ar	34	13	6598.953	Ne
30	14	7383.98	Ar	32	12	6960.25	Ar	34	14	6562.82	H α
30	15	7372.118	Ar	32	13	6951.478	Ar	34	15	6538.112	Ar
30	16	7353.293	Ar	32	14	6937.664	Ar	34	16	6532.882	Ne
				32	15	6929.467	Ne	34	17	6506.528	Ne

RELCO SC480 Glowstarter Emissionlines SQUES Echelle Orders 35 – 37

35	1	6538.112	Ar	36	1	6334.428	Ne	37	1	6182.146	Ne
35	2	6532.882	Ne	36	2	6307.657	Ar	37	2	BLEND	Ar
35	3	6506.528	Ne	36	3	6304.789	Ne	37	3	6170.174	Ar
35	4	6483.082	Ar	36	4	6296.872	Ar	37	4	6163.594	Ne
35	5	6416.307	Ar	36	5	6266.495	Ne	37	5	6145.441	Ar
35	6	6402.246	Ar	36	6	6243.12	Ar	37	6	6143.063	Ne
35	9	6384.717	Ar	36	7	6217.281	Ne	37	7	6128.45	Ne
35	10	6382.992	Ne	36	8	6215.938	Ar	37	9	6114.923	Ar
35	11	6369.575	Ar	36	9	6212.503	Ar	37	10	6105.635	Ar
35	12	6334.428	Ne	36	12	6182.146	Ne	37	11	6098.803	Ar
35	18	6307.657	Ar	36	13	BLEND	Ar	37	12	6096.163	Ne
35	19	6304.789	Ne	36	14	6170.174	Ar	37	13	6074.338	Ne
				36	15	6163.594	Ne	37	14	6059.372	Ar
				36	17	6145.441	Ar	37	16	6052.723	Ar
				36	18	6143.063	Ne	37	17	6043.223	Ar
				36	19	6128.45	Ne	37	18	6032.127	Ar
								37	19	6029.997	Ne
								37	20	6025.15	Ar
								37	21	BLEND	Ne/Ar
								37	22	BLEND	Ne
								37	23	5965.471	Ne

Glowstarter RELCO SC480 Calibration Lines SQUES Echelle Orders 38 – 47



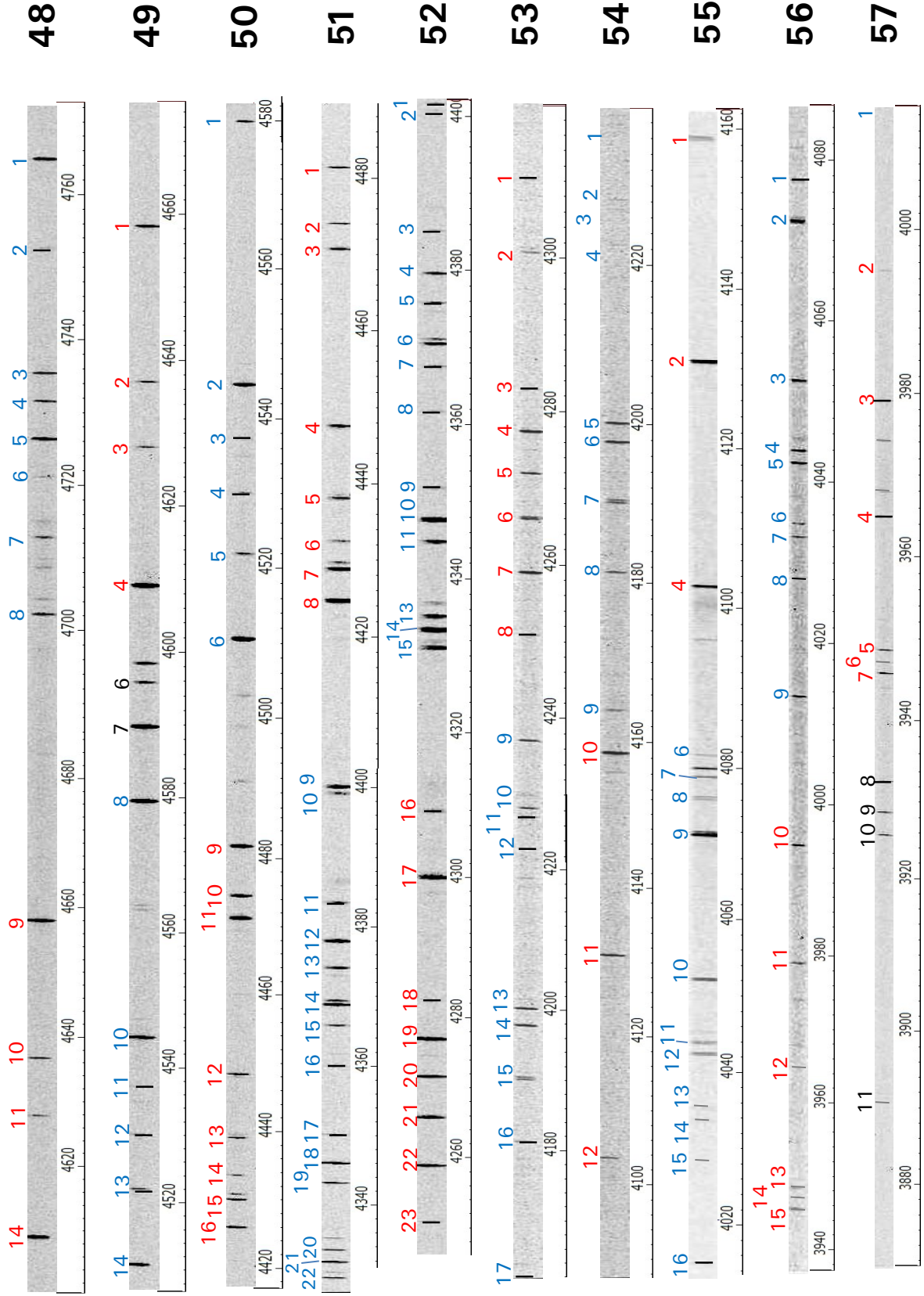
RELCO SC480 Glowstarter Emissionlines SQUES Echelle Orders 38 – 45

38	1	5987.907	Ne	40	6	5689.47	Ti?	44	1	5187.746	Ar
38	2	5987.302	Ar	40	9	5656.659	Ne	44	3	5165.773	Ar
38	3	5975.534	Ne	40	10	5650.704	Ar	44	4	5162.285	Ar
38	4	5974.627	Ne	40	12	5606.733	Ar	44	5	5151.391	Ar
38	5	5965.471	Ne	40	18	5572.541	Ar	44	6	BLEND	Ne/Ar
38	9	5944.834	Ne	40	19	5562.766	Ne	44	7	5141.783	Ar
38	10	5942.669	Ar	40	20	5558.702	Ar	44	10	5090.495	Ar
38	13	5928.813	Ar	41	1	5572.541	Ar	44	11	5062.037	Ar
38	14	5912.085	Ar	41	2	5562.766	Ne	44	12	5047.74	He
38	16	5906.429	Ne	41	3	5558.702	Ar	44	13	5037.751	Ne
38	17	5902.462	Ne	41	6	5506.113	Ar	44	14	5017.163	Ar
38	18	5888.584	Ar	41	7	5495.874	Ar	44	15	5015.678	He
38	19	BLEND	Ne/Ar	41	7	5495.874	Ar	44	15	5015.678	He
38	20	5875.62	He	41	10	5451.652	Ar	45	1	5062.037	Ar
38	21	5872.828	Ne	41	13	5421.352	Ar	45	2	5047.74	He
38	22	5860.31	Ar	41	15	5400.562	Ne	45	3	5037.751	Ne
38	23	5852.488	Ne	42	1	5451.652	Ar	45	6	5017.163	Ar
38	24	5834.263	Ar	42	3	5421.352	Ar	45	7	5015.678	He
38	25	5820.156	Ne	42	5	5400.562	Ne	45	8	5009.334	Ar
39	1	5860.31	Ar	42	10	5343.283	Ne	45	10	4965.08	Ar
39	2	5852.488	Ne	42	11	5341.094	Ne	45	14	4933.209	Ar
39	3	5834.263	Ar	42	12	5330.778	Ne	45	15	4921.931	He
39	4	5820.156	Ne	42	7	5252.11	Ti?	45	15	4921.931	He
39	7	5804.45	Ne	43	10	5221.271	Ar	45	15	4921.931	He
39	10	5764.419	Ne	43	11	5216.814	Ar	45	15	4921.931	He
39	12	5748.298	Ne	43	13	5187.746	Ar	45	15	4921.931	He
39	24	5739.52	Ar	43	14	BLEND	Ar	45	15	4921.931	He
39	25	5719.225	Ne	43	17	5162.285	Ar	45	15	4921.931	He
39	27	5689.47	Ti?	43	18	5151.391	Ar	45	15	4921.931	He
				43	19	BLEND	Ne/Ar				
				43	20	5141.783	Ar				

RELCO SC480 Glowstarter Emissionlines SQUES Echelle Orders 46 – 47

46	1	4965.08	Ar	47	2	4865.91	Ar
46	3	4933.209	Ar	47	3	4861.33	H β
46	4	4921.931	He	47	4	4847.81	Ar
46	5	4904.752	Ar	47	5	4806.02	Ar
46	8	4889.042	Ar	47	6	4788.927	Ne
46	11	4879.864	Ar	47	8	4764.865	Ar
46	14	4865.91	Ar	47	9	4752.732	Ne
46	15	4861.33	H β	47	10	4735.906	Ar
46	16	4847.81	Ar	47	11	4732.053	Ar
46	18	4806.02	Ar	47	12	4726.868	Ar
				47	13	4721.591	Ar
				47	14	4713.146	He
				47	15	4702.316	Ar

Glowstarter RELCO SC480 Calibration Lines SQUES Echelle Orders 48 – 57

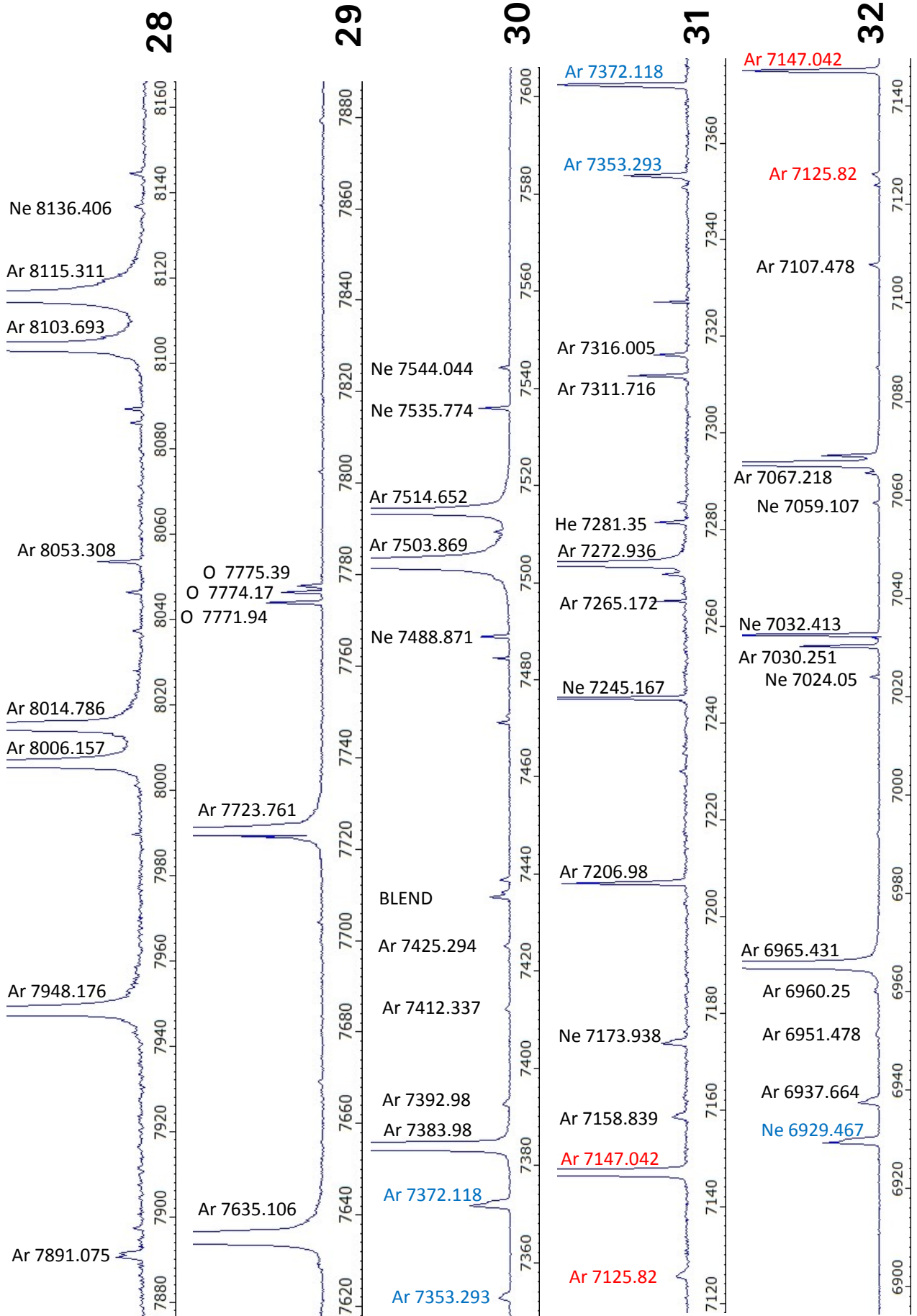


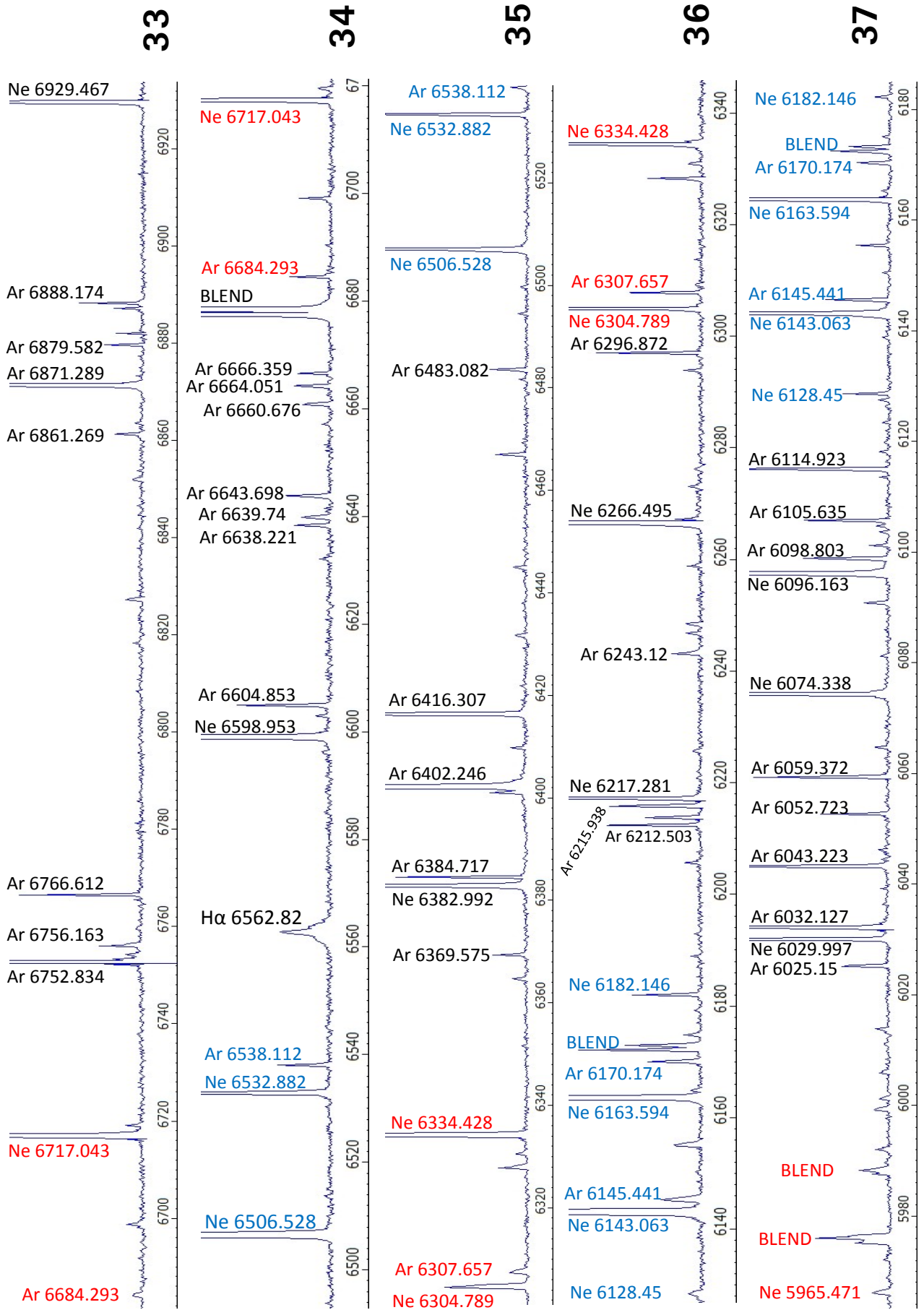
RELCO SC480 Glowstarter Emissionlines SQUES Echelle Orders 52 – 55

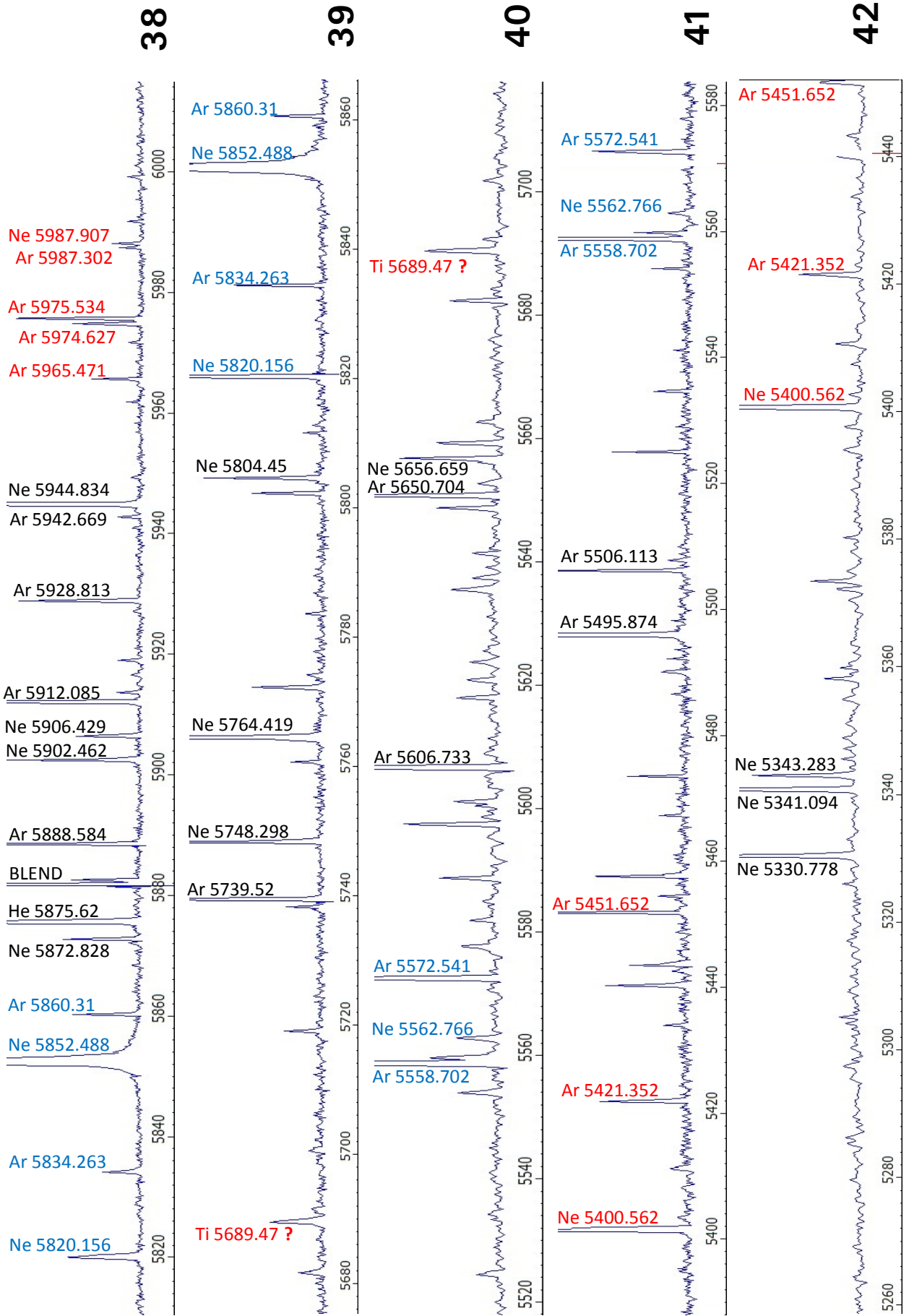
52	1	4400.986	Ar	53	1	4309.239	Ar	55	1	4158.59	Ar
52	2	4400.097	Ar	53	2	4300.101	Ar	55	2	4131.724	Ar
52	3	4385.057	Ar	53	3	4282.898	Ar	55	4	4103.912	Ar
52	4	4379.667	Ar	53	4	4277.528	Ar	55	6	4082.387	Ar
52	5	4375.954	Ar	53	5	4272.169	Ar	55	7	4079.574	Ar
52	6	BLEND	Ar	53	6	4266.286	Ar	55	8	BLEND	Ar/?
52	7	4367.832	Ar	53	7	4259.362	Ar	55	9	BLEND	Ar/Ar
52	8	4362.066	Ar	53	8	4251.185	Ar	55	10	4052.921	Ar
52	9	4352.205	Ar	53	9	4237.22	Ar	55	11	4044.418	Ar
52	10	4348.064	Ar	53	10	4228.158	Ar	55	12	4042.894	Ar
52	11	4345.168	Ar	53	11	4226.988	Ar	55	13	4035.46	Ar
52	13	4335.338	Ar	53	12	4222.637	Ar	55	14	4033.809	Ar
52	14	4333.561	Ar	53	13	4200.674	Ar	55	15	4026.36	He
52	15	4331.2	Ar	53	14	4198.317	Ar	55	16	4013.857	Ar
52	16	4309.239	Ar	53	15	BLEND	Ar/Hf				
52	17	4300.101	Ar	53	16	4181.884	Ar				
52	18	4282.898	Ar	53	17	4164.18	Ar				
52	19	4277.528	Ar								
52	20	4272.169	Ar	54	1	4237.22	Ar				
52	21	4266.286	Ar	54	2	4228.158	Ar				
52	22	4259.362	Ar	54	3	4226.988	Ar				
52	23	4251.185	Ar	54	4	4222.637	Ar				
				54	5	4200.674	Ar				
				54	6	4198.317	Ar				
				54	7	BLEND	Ar/Hf				
				54	8	4181.884	Ar				
				54	9	4164.18	Ar				
				54	10	4158.59	Ar				
				54	11	4131.724	Ar				
				54	12	4103.912	Ar				

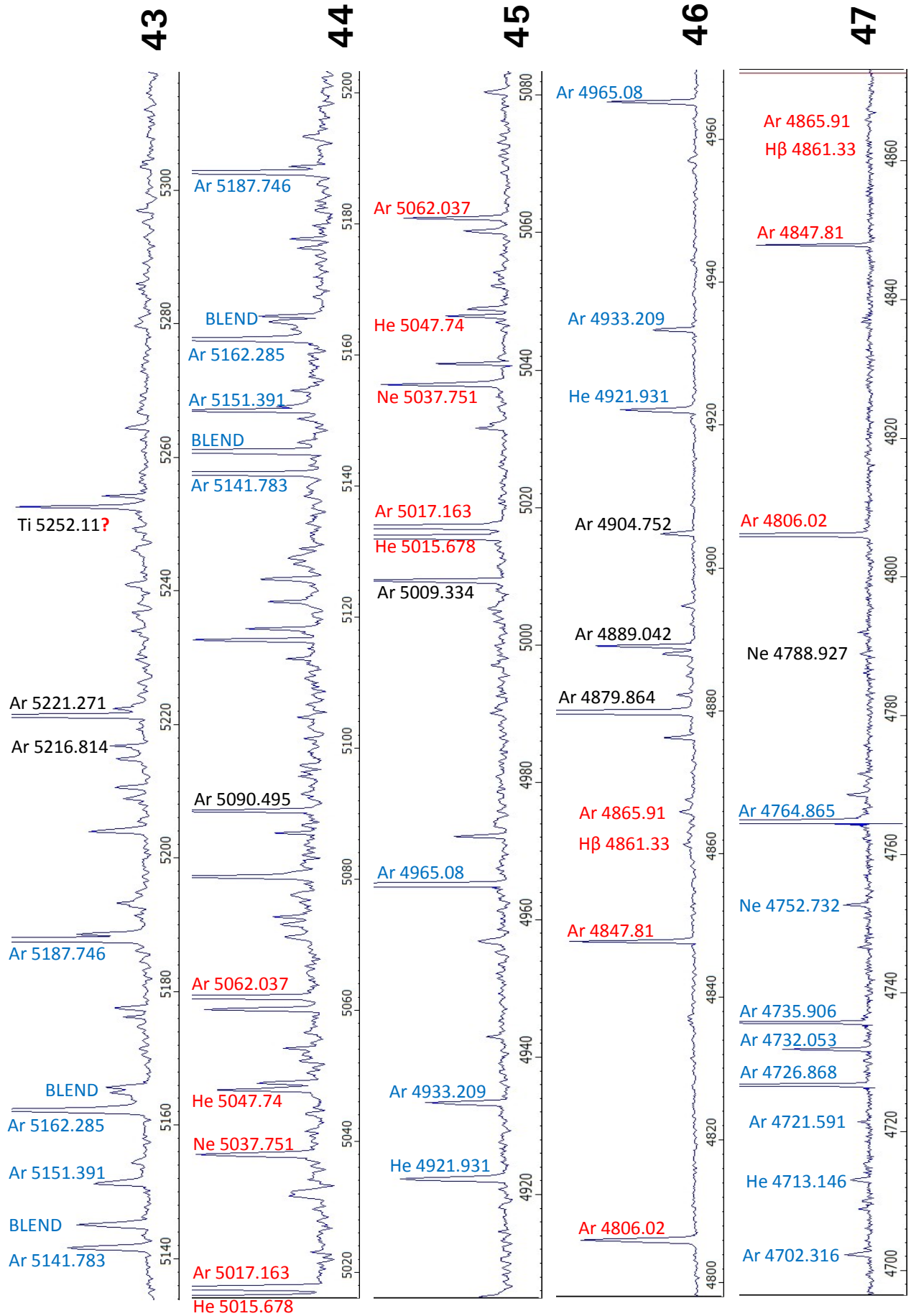
RELCO SC480 Glowstarter Emissionlines SQUES Echelle Orders 56 – 57

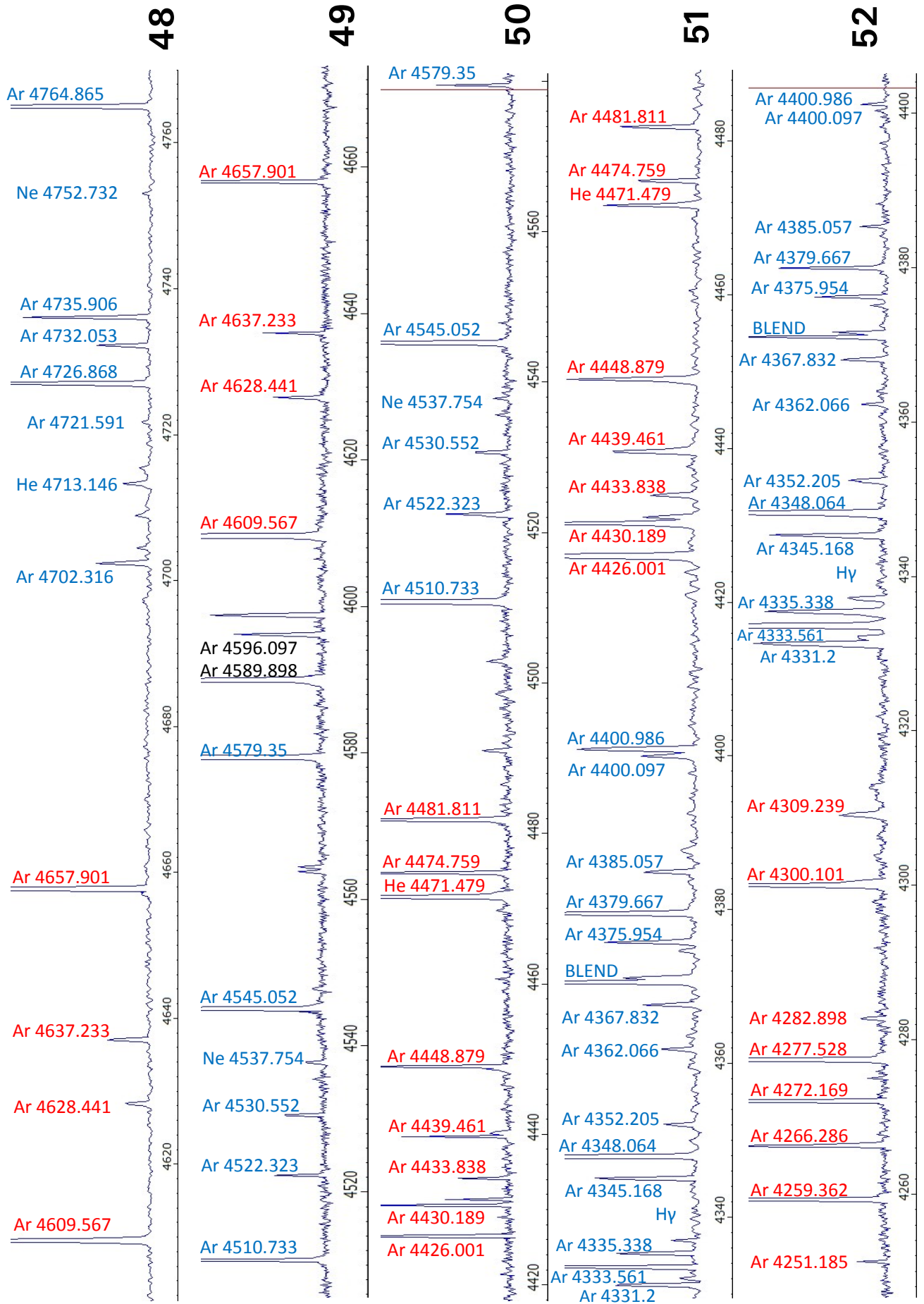
56	1	BLEND	Ar/?	57	1	4013.857	Ar
56	2	BLEND	Ar/Ar	57	2	3994.792	Ar
56	3	4052.921	Ar	57	3	3979.356	Ar
56	4	4044.418	Ar	57	4	3964.729	He
56	5	4042.894	Ar	57	5	3948.979	Ar
56	6	4035.46	Ar	57	6	3947.505	Ar
56	7	4033.809	Ar	57	7	3946.097	Ar
56	8	4026.36	He	57	8	3932.547	Ar
56	9	4013.857	Ar	57	9	3928.623	Ar
56	10	3994.792	Ar	57	10	3925.719	Ar
56	11	3979.356	Ar	57	11	3888.65	He
56	12	3964.729	He				
56	13	3948.979	Ar				
56	14	3947.505	Ar				
56	15	3946.097	Ar				

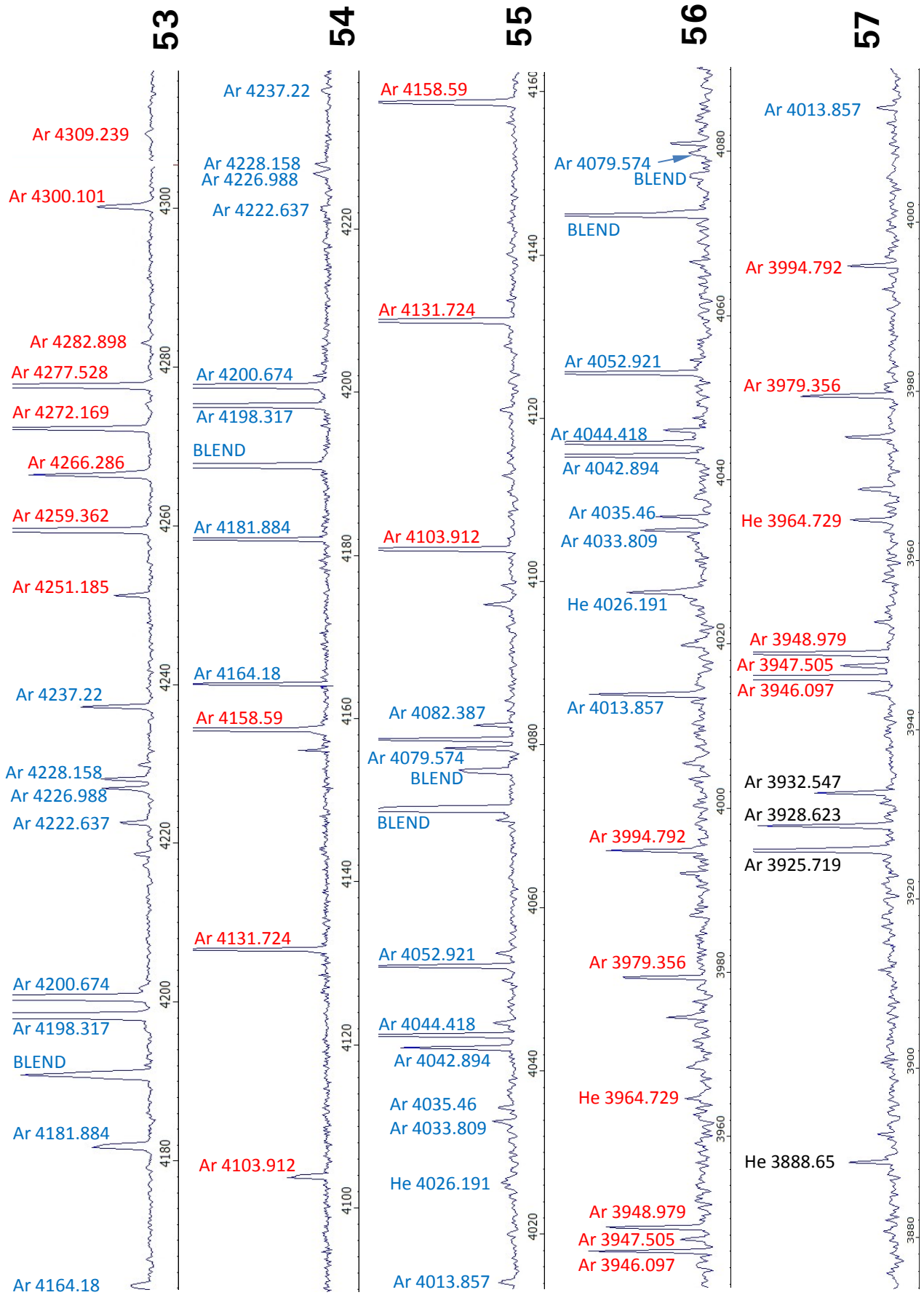








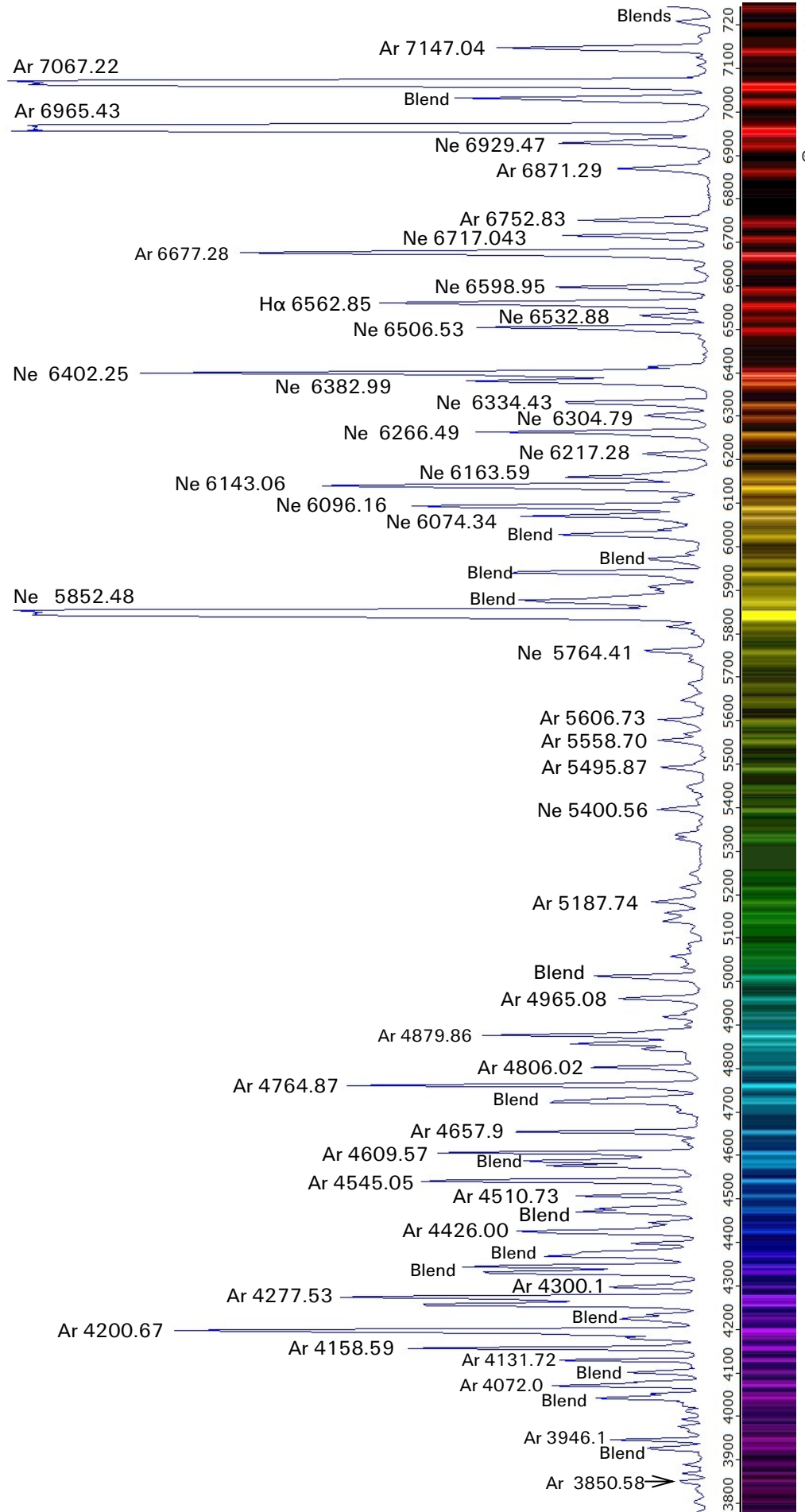




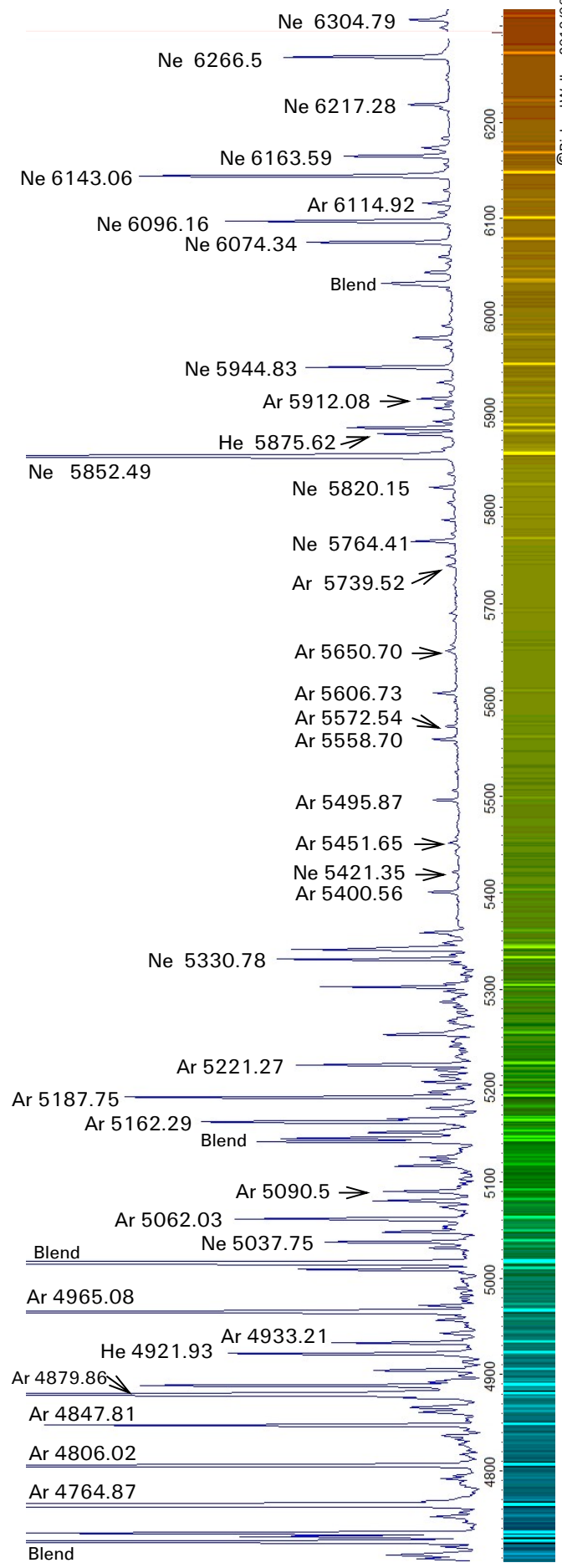
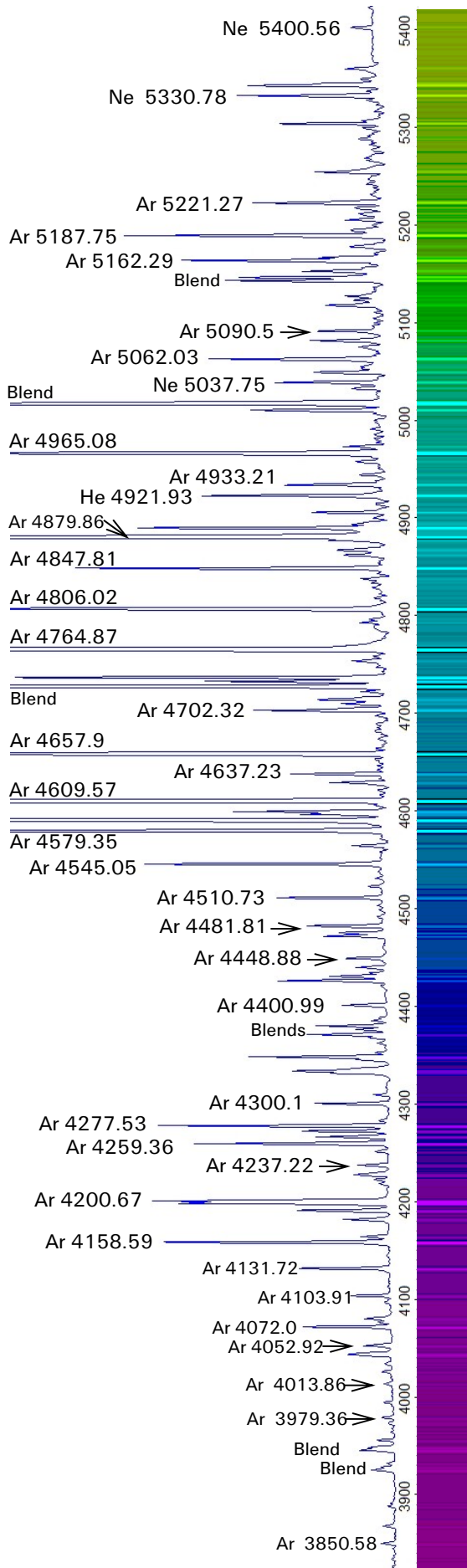
8 Relco Eichlinien für die Breitbandkalibration ($R \approx 900 / 4'000$)

Die folgenden Tafeln zeigen die Relco Eichlinien für Auflösungen von $R \approx 900$ und $\approx 4'000$. Es sind hier nur diejenigen Linien beschriftet, welche sich für die Eichung eines Spektralprofils eignen. Das Profil für den Infrarotbereich wurde von Joan Guarro Flo (E) mit einer Auflösung von $R \approx 1300$ aufgezeichnet.

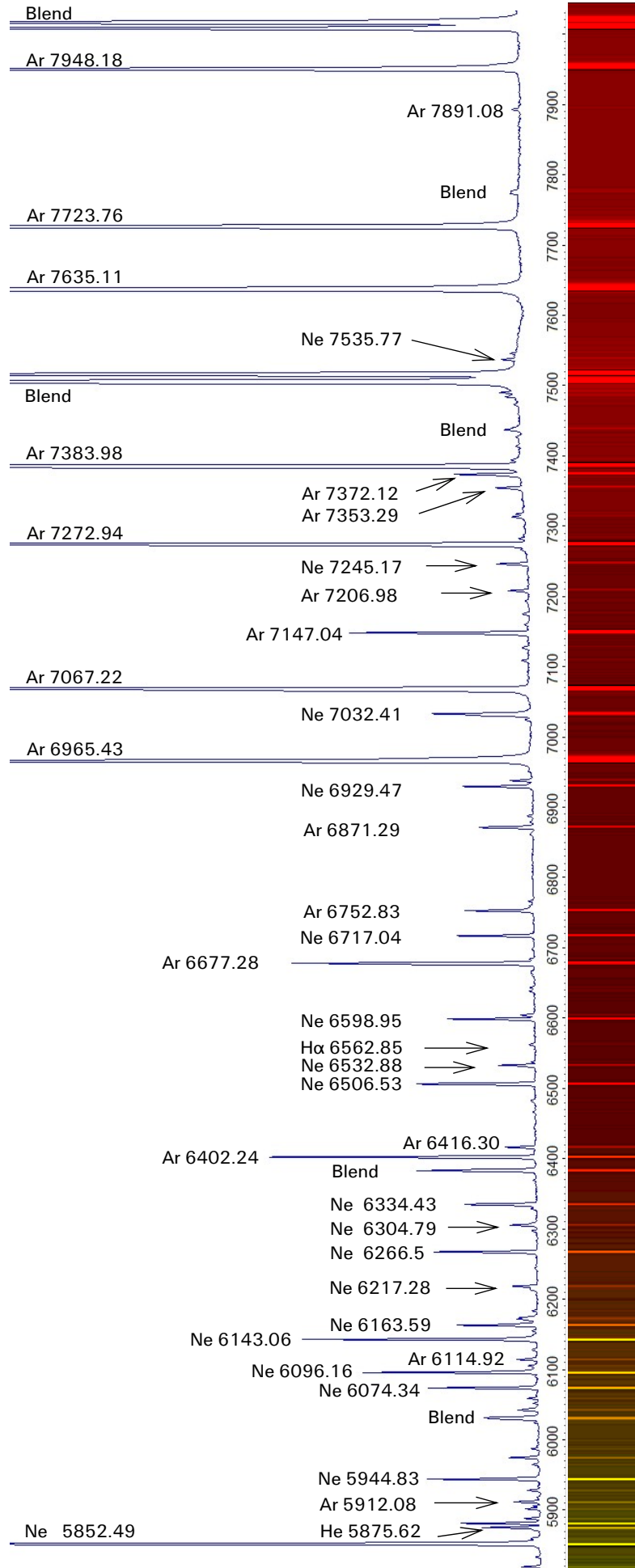
RELCO SC480 Emission Lines DADOS Spectrograph 200L mm⁻¹ R ≈ 800



RELCO SC480 Emission Lines DADOS Spectrograph 900L mm⁻¹ R ≈ 4000

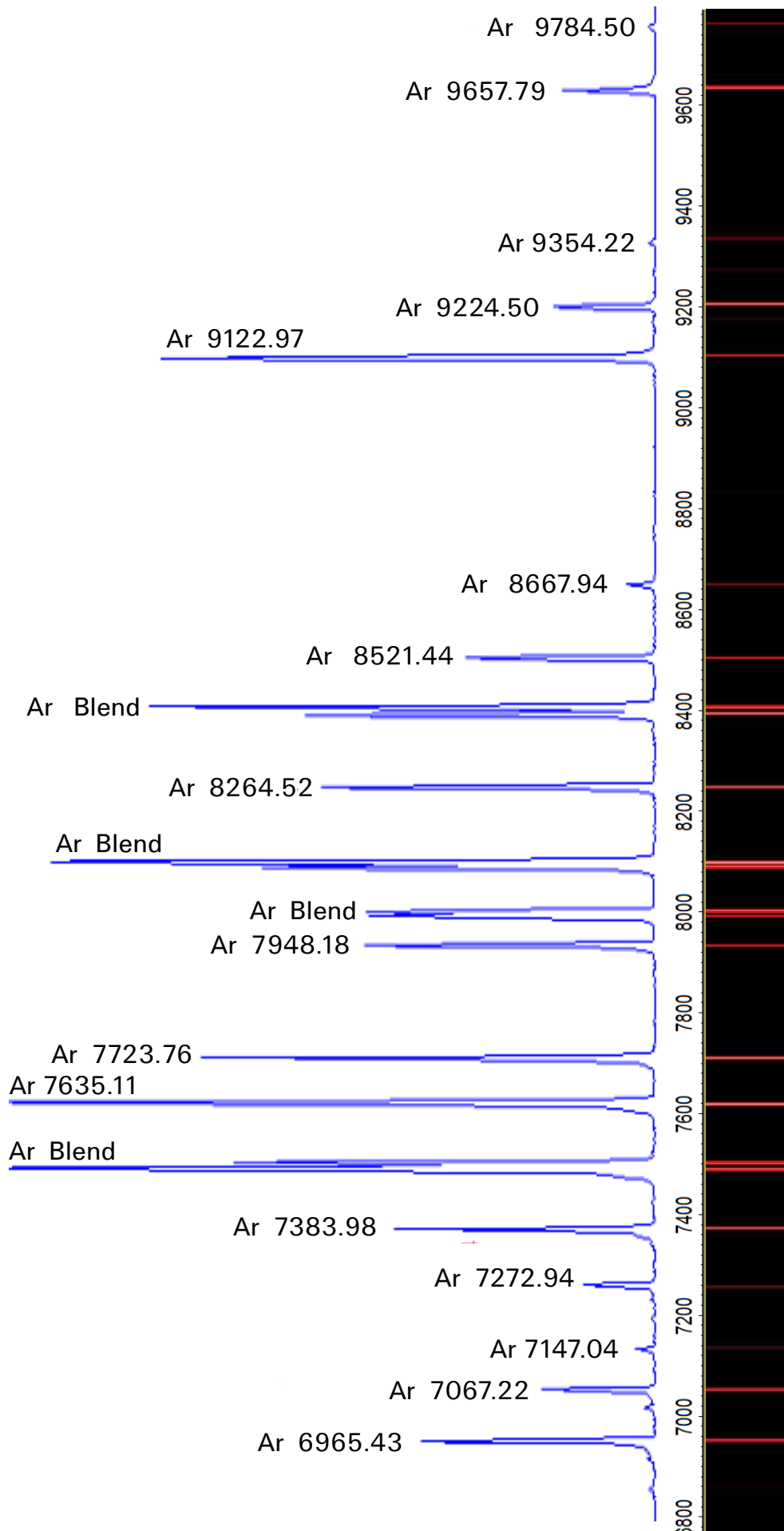


RELCO SC480 Emission Lines DADOS Spectrograph 900L mm⁻¹ R ≈ 4000



© Richard Walker 2013/06

RELCO SC480: Emission Lines in the Infrared Domain
 Recorded by Joan Guarro Flo, $R \approx 1300$



9 Literatur

Verfasser: Bücher (vorläufig nur in englischer Sprache):

[1] Richard Walker: *Spectral Atlas for Amateur Astronomers, A Guide to the Spectra of Astronomical Objects and Terrestrial Light Sources*, Cambridge University Press 2017

<https://www.cambridge.org/core/books/spectral-atlas-for-amateur-astronomers/32126CD730EBA49238F9318C16B90523>

[2] Marc Trypsteen, Richard Walker: *Spectroscopy for Amateur Astronomers, Recording, Processing, Analysis and Interpretation*, Cambridge University Press 2017

<https://www.cambridge.org/core/books/spectroscopy-for-amateur-astronomers/8723E6F224E339B5A94966C5DOF19A20>

Präsentation dieser Bücher durch Marc Trypsteen:

<https://www.docdroid.net/7cGnKxA/-spectroscopiedag-2016-twin-book-project-door-marc-trypsteen.pdf.html>

Folgende weitere Schriften zum Thema Spektroskopie können unter diesem Link heruntergeladen werden:

<http://www.ursusmajor.ch/astropektroskopie/richard-walkers-page/index.html>

[10] *Emissionsspektroskopie mit Funken- und Lichtbogenanregung*

[11] *Kalibrierung von Spektren mit dem Glimmstarter ST 111 von OSRAM*

[12] *Speisung von Glimmlampen mit niedriger Gleichspannung*

Internet Links

Spektrografen:

[20] SQUES Echelle Spektrograf, Eaglewloptics Switzerland,
<http://www.eaglewloptics.com/>

[21] DADOS Spaltspektrograf, Baader Planetarium:
http://www.baader-planetarium.de/DADOS/download/DADOS_manual_deutsch.pdf

[22] Shelyak Instruments: <http://www.shelyak.com/>

[23] SBIG Spectrograph DSS-7. <http://ftp.sbig.com/dss7/dss7.htm>

Spektrografische Software:

[24] IRIS / ISIS: Webpage von Christian Buil
<http://www.astrosurf.com/buil/>

[25] Vspec: Webpage von Valerie Désnoux
<http://astrosurf.com/vdesnoux/>

[26] RSpec: Webpage von Tom Field
<http://www.rspec-astro.com/>

[27] MIDAS, ESO
<http://www.eso.org/sci/software/esomidass/>

Datenbanken

[28] NIST Atomic Spectra Database:
http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html

[29] *Spectral Atlas Central NOAO*, Linienatlas der Kalibrierlichtquellen
<http://www.noao.edu/kpno/specatlas/>