

American Mineralogist: April 2025 Online Materials AM-25-49378
BRUGGER ET AL.: CO-MOBILITY OF TI-REE-NB-AS DURING METAMORPHISM

Table SUPP. 2. EMPA data on allanite-(Ce) grains from Ritterpass nodules

Sample	Allanite, grain1	Allanite, grain1	Allanite, grain1	All_grain_ 1_2014_1	All_grain_ 1_2014_2	All_grain_ 1_2014_3	All_grain_ 1_2014_4	Allanite, grain2	Allanite, grain2	Allanite, grain2	Allanite, grain2	All_grain_ 2_2014_1	All_grain_ 2_2014_2	All_grain_ 2_2014_3	All_grain_ 2_2014_4	Allanite, grain3	allanite, grain3, run2	allanite, grain3, run2	allanite, grain3, run2	All_grain_ 3_2014_1	All_grain_ 3_2014_2	All_grain_ 3_2014_3	All_grain_ 3_2014_4	All_grain_ 3_2014_5	All_grain_ 3_2014_6	All_grain_ 3_2014_7	Allanite, grain4	Allanite, grain4	Allanite, grain4		
aln_type	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	vein	
wt% Oxide																															
SiO2	28.31	29.36	28.84	28.83	28.83	28.83	28.83	30.12	29.72	30.23	29.88	28.83	28.83	28.83	28.83	29.54	27.38	27.24	27.31	28.83	28.83	28.83	28.83	28.83	28.83	28.83	28.83	30.06	29.93	30.00	
CaO	10.27	9.82	10.35	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	10.27	10.25	10.39	10.74	10.10	10.10	10.10	9.84	9.76	9.94	9.86	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	10.35	10.30	9.88	
TiO2	0.26	0.30	0.45	0.24	0.24	0.24	0.24	0.36	0.38	0.32	0.26	0.24	0.24	0.24	0.24	0.29	0.28	0.28	0.26	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.63	0.43	0.55	
Al2O3	12.98	13.32	13.13	12.93	12.93	12.93	12.93	13.47	13.12	13.64	13.66	12.93	12.93	12.93	12.93	13.50	12.48	12.71	12.90	12.93	12.93	12.93	12.93	12.93	12.93	12.93	12.93	13.98	14.41	13.62	
Fe2O3(tot)	13.94	13.77	14.03	13.49	13.49	13.49	13.49	13.90	13.97	13.69	13.56	13.49	13.49	13.49	13.49	13.65	13.28	13.04	13.96	13.49	13.49	13.49	13.49	13.49	13.49	13.49	13.49	14.29	14.09	14.46	
Y2O3	0.32	0.24	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.26	0.25	0.21	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.24	0.16	0.24	0.17	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.30	0.34	0.23	
Nb2O5	bdl	bdl	0.00	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.00	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.02	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.01	bdl	0.03	
MgO	0.66	0.58	0.75	0.67	0.67	0.67	0.67	0.74	0.73	0.75	0.73	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.38	0.39	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.44	0.42	0.45	
MnO	0.93	1.25	1.28	0.91	0.91	0.91	0.91	1.21	1.28	1.31	1.18	0.91	0.91	0.91	0.91	1.15	0.80	0.95	1.26	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.71	0.66	0.59	
Na2O	0.32	0.23	0.20	0.29	0.29	0.29	0.29	0.37	0.27	0.29	0.34	0.29	0.29	0.29	0.29	0.13	0.20	0.23	0.12	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.06	0.19	0.21	
ZnO	0.05	0.16	0.09	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.21	0.12	0.07	0.15	0.15	0.15	0.15	0.03	0.09	0.05	0.06	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	bdl	0.05	0.02	
ScO	0.01	0.02	0.07	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	bdl	0.06	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08	0.10	0.07	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.07	bdl	
La2O3	4.55	4.86	4.78	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	5.05	5.03	5.03	4.64	4.41	4.41	4.41	4.63	4.52	4.41	4.60	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.88	5.00	5.27	
CaO3	9.25	9.95	9.20	8.98	8.98	8.98	8.98	9.84	9.97	9.68	9.26	8.98	8.98	8.98	8.98	9.59	9.49	9.34	9.78	8.98	8.98	8.98	8.98	8.98	8.98	8.98	8.98	9.62	9.98	10.54	
Pr2O3	1.16	1.01	1.14	0.83	0.83	0.83	0.83	1.21	0.91	1.07	1.04	0.83	0.83	0.83	0.83	1.18	1.06	1.12	1.17	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.95	1.08	1.15
Nd2O3	3.70	3.50	3.41	3.66	3.66	3.66	3.66	3.55	3.32	3.63	3.80	3.66	3.66	3.66	3.66	3.63	3.43	3.36	3.91	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.48	3.41	3.54	
Sm2O3	0.69	0.46	0.75	0.58	0.58	0.58	0.58	0.44	0.53	0.75	0.68	0.58	0.58	0.58	0.58	0.64	0.54	0.53	0.57	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.45	0.38	0.58	
Gd2O3	0.48	0.39	0.38	0.22	0.22	0.22	0.22	0.31	0.31	0.44	0.34	0.22	0.22	0.22	0.22	0.38	0.41	0.26	0.52	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.48	0.46	0.43	
PbO	0.03	0.06	0.03	bdl	bdl	bdl	bdl	0.01	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.02	0.04	0.07	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.03	0.06	
ThO	3.61	3.42	3.33	3.57	3.57	3.57	3.57	3.47	3.24	3.54	3.71	3.57	3.57	3.57	3.57	3.54	3.35	3.28	3.81	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57	3.39	3.32	3.45	
U2O	0.68	bdl	0.74	0.57	0.57	0.57	0.57	0.43	0.52	bdl	bdl	0.57	0.57	0.57	0.57	bdl	0.53	bdl	bdl	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	bdl	bdl	0.57	
H2O(calc)	2.87	2.91	2.91	2.85	2.85	2.85	2.85	2.99	2.95	2.99	2.98	2.85	2.85	2.85	2.85	2.89	2.74	2.74	2.80	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.96	2.98	2.96	
SUM	95.07	95.60	96.23	93.68	93.68	93.68	93.68	98.18	96.96	98.15	97.25	93.68	93.68	93.68	93.68	95.35	91.06	90.21	93.47	93.68	93.68	93.68	93.68	93.68	93.68	93.68	93.68	97.07	97.52	98.60	
Si_pfu	2.96	3.03	2.97	3.03	3.03	3.03	3.03	3.02	3.02	3.03	3.01	3.03	3.03	3.03	3.03	3.07	3.00	2.98	2.93	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.04	3.01	3.04	
Al	1.599	1.621	1.593	1.603	1.603	1.603	1.603	1.593	1.572	1.609	1.620	1.603	1.603	1.603	1.603	1.650	1.612	1.639	1.631	1.603	1.603	1.603	1.603	1.603	1.603	1.603	1.603	1.667	1.710	1.624	
Fe3+	0.602	0.393	0.532	0.484	0.484	0.484	0.484	0.461	0.461	0.422	0.494	0.484	0.484	0.484	0.484	0.298	0.490	0.511	0.539	0.484	0.484	0.484	0.484	0.484	0.484	0.484	0.484	0.310	0.377	0.342	
Fe2+	0.617	0.796	0.675	0.703	0.703	0.703	0.703	0.705	0.726	0.724	0.647	0.703	0.703	0.703	0.703	0.886	0.728	0.683	0.712	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.900	0.810	0.881	
Mg	0.103	0.090	0.115	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.111	0.111	0.110	0.105	0.105	0.105	0.105	0.063	0.066	0.062	0.062	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.066	0.063	0.068	
Mn	0.082	0.109	0.112	0.081	0.081	0.081	0.081	0.103	0.110	0.111	0.100	0.081	0.081	0.081	0.081	0.101	0.074	0.088	0.114	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.061	0.056	0.051	
Zn	0.004	0.012	0.007	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.016	0.009	0.005	0.012	0.012	0.012	0.012	0.002	0.007	0.004	0.005	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.000	0.004	0.002	
Sr	0.000	0.001	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.005	0.006	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.004	0.000	
Ti_pfu	0.020	0.023	0.034	0.019	0.019	0.019	0.019	0.027	0.029	0.024	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.023	0.023	0.023	0.021	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.048	0.032	0.042	
SUM	3.01	3.04	3.07	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.02	3.00	3.01	3.01	3.01	3.01	3.03	3.01	3.01	3.09	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.05	3.06	3.01
La_pfu	0.175	0.185	0.182	0.171	0.171	0.171	0.171	0.187	0.189	0.186	0.172	0.171	0.171	0.171	0.171	0.177	0.183	0.178	0.182	0.171	0.171	0.171	0.171	0.171	0.171	0.171	0.171	0.182	0.186	0.197	
Ce_pfu	0.354	0.376	0.347	0.346	0.346	0.346	0.346	0.361	0.371	0.355	0.341	0.346	0.346	0.346	0.346	0.364	0.381	0.374	0.384	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.356	0.368	0.390	
Pr_pfu	0.044	0.038	0.043	0.032	0.032	0.032	0.032	0.044	0.034	0.039	0.038	0.032	0.032	0.032	0.032	0.044	0.042	0.045	0.046	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.035	0.040	0.043	
Nd_pfu	0.138	0.129	0.125	0.137	0.137	0.137	0.137	0.127	0.121	0.130	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.134	0.134	0.131	0.150	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.126	0.123	0.128	
Sm_pfu	0.025	0.016	0.027	0.021	0.021	0.021	0.021	0.015	0.008	0.026	0.024	0.021	0.021	0.021	0.021	0.023	0.020	0.020	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.016	0.013	0.020	
Gd_pfu	0.017	0.013	0.013	0.008	0.008	0.008	0.008	0.010	0.010	0.015	0.011	0.008	0.008	0.008	0.008	0.013	0.015	0.009	0.019	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.016	0.015	0.014	
Y_pfu	0.018	0.013	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.014	0.013	0.011	0.019	0.019	0.019	0.019																	

American Mineralogist: April 2025 Online Materials AM-25-49378
BRUGGER ET AL.: CO-MOBILITY OF TI-REE-NB-AS DURING METAMORPHISM

All_grain_4_2014_1	All_grain_4_2014_2	allanite_grain5	allanite_grain5	allanite_grain5	allanite_grain5	allanite_grain5	allanite_grain5	allanite_grain5	allanite_grain5	allanite_grain5	allanite_grain5	allanite_grain5	allanite_grain5	allanite_grain5	allanite_grain5					
grain4 vein	grain4 vein	grain5 vein	grain5 vein	grain5 vein	grain5 vein	grain5 vein	grain5 vein	grain5 vein	grain5 vein	grain5 vein	grain5 vein	grain5 vein	grain5 vein	grain5 vein	grain5 vein		MAX	MIN	Average	St. Dev.
28.83	28.83	29.60	29.58	30.02	29.90	29.76	30.25	29.77	30.17	30.00	29.50	30.25	27.24	29.19	0.77					
10.10	10.10	9.97	10.05	9.98	10.00	10.37	10.19	10.47	10.07	10.45	10.48	10.74	9.76	10.14	0.20					
0.24	0.24	0.67	0.69	0.68	0.69	0.68	0.60	0.69	0.63	0.70	0.32	0.70	0.24	0.38	0.18					
12.93	12.93	12.96	12.81	12.80	12.84	12.80	12.85	12.92	12.87	12.68	13.30	14.41	12.48	13.06	0.37					
13.49	13.49	15.67	15.75	15.59	15.80	16.06	15.80	15.92	15.80	16.10	15.35	16.10	13.04	14.17	0.97					
0.35	0.35	0.34	0.39	0.36	0.32	0.39	0.45	0.36	0.36	0.37	0.27	0.45	0.16	0.32	0.06					
bdll	bdll	bdll	bdll	bdll	0.00	0.05	0.02	bdll	bdll	bdll	0.01	0.05	0.00	0.01	0.01					
0.67	0.67	0.36	0.34	0.37	0.38	0.34	0.38	0.35	0.39	0.36	0.35	0.75	0.34	0.56	0.15					
0.91	0.91	1.21	1.33	1.29	1.32	1.25	1.40	1.30	1.42	1.27	1.07	1.42	0.59	1.05	0.21					
0.29	0.29	0.17	0.18	0.21	0.22	0.18	0.22	0.26	0.30	0.19	0.33	0.37	0.06	0.25	0.06					
0.15	0.15	0.07	0.11	0.07	0.15	0.09	0.07	0.13	0.09	0.10	0.04	0.21	0.02	0.12	0.05					
0.04	0.04	0.00	0.00	0.05	0.04	0.10	0.09	0.10	0.08	0.17	0.12	0.17	0.00	0.05	0.03					
4.41	4.41	4.93	4.90	4.88	4.96	4.88	4.84	4.82	4.85	4.99	5.06	5.27	4.41	4.67	0.27					
8.98	8.98	9.90	9.86	9.89	9.96	9.54	9.78	9.60	9.85	9.70	9.66	10.54	8.98	9.41	0.43					
0.83	0.83	1.07	1.17	1.23	1.13	1.12	1.04	1.01	1.18	0.90	0.81	1.23	0.81	0.98	0.15					
3.66	3.66	3.96	3.82	3.82	3.84	3.61	3.59	3.68	3.90	3.56	3.55	3.96	3.32	3.64	0.14					
0.58	0.58	0.59	0.71	0.63	0.70	0.58	0.67	0.68	0.54	0.58	0.74	0.75	0.38	0.59	0.08					
0.22	0.22	0.50	0.30	0.55	0.52	0.54	0.42	0.56	0.30	0.39	0.46	0.56	0.22	0.34	0.12					
bdll	bdll	bdll	0.05	0.03	0.01	0.04	0.08	0.00	bdll	0.07	0.01	0.082	0.003	0.039	0.024					
3.57	3.57	3.86	3.73	3.72	3.74	3.52	3.51	3.59	3.80	3.47	3.46	3.86	3.24	3.55	0.14					
0.57	0.57	0.57	bdll	bdll	0.68	bdll	bdll	bdll	bdll	bdll	bdll	0.74	0.43	0.58	0.06					
2.85	2.85	2.97	2.97	2.98	2.99	2.99	3.01	3.01	3.01	3.00	2.98	3.01	2.74	2.90	0.08					
93.68	93.68	99.41	98.76	99.14	100.18	98.90	99.26	99.22	99.58	99.03	97.89	100.18	90.21	95.72	2.64					
3.03	3.03	2.99	2.98	3.02	2.99	2.98	3.02	2.97	3.01	3.00	2.97	3.07	2.93	3.01	0.03					
1.603	1.603	1.542	1.523	1.516	1.512	1.512	1.510	1.519	1.512	1.492	1.578	1.710	1.492	1.591	0.046					
0.484	0.484	0.462	0.480	0.433	0.475	0.541	0.474	0.564	0.493	0.529	0.591	0.602	0.298	0.475	0.062					
0.703	0.703	0.861	0.849	0.877	0.848	0.805	0.843	0.764	0.823	0.816	0.701	0.815	0.051	0.086	0.024					
0.105	0.105	0.054	0.051	0.055	0.056	0.051	0.057	0.052	0.058	0.054	0.053	0.143	0.051	0.091	0.017					
0.081	0.081	0.103	0.114	0.110	0.112	0.106	0.118	0.110	0.119	0.107	0.091	0.119	0.051	0.091	0.017					
0.012	0.012	0.006	0.008	0.005	0.011	0.007	0.005	0.010	0.007	0.007	0.003	0.016	0.000	0.009	0.004					
0.002	0.002	0.002	0.000	0.003	0.002	0.006	0.005	0.006	0.004	0.010	0.007	0.010	0.000	0.003	0.002					
0.019	0.019	0.051	0.053	0.051	0.052	0.052	0.045	0.052	0.047	0.052	0.024	0.053	0.019	0.029	0.013					
3.01	3.01	3.08	3.08	3.05	3.07	3.08	3.06	3.08	3.06	3.07	3.05	3.09	3.00	3.03	0.03					
0.171	0.171	0.184	0.182	0.181	0.183	0.181	0.178	0.177	0.178	0.184	0.188	0.197	0.171	0.178	0.007					
0.346	0.346	0.366	0.364	0.364	0.365	0.350	0.357	0.350	0.359	0.355	0.356	0.390	0.341	0.356	0.012					
0.032	0.032	0.039	0.043	0.045	0.041	0.041	0.038	0.037	0.043	0.033	0.030	0.046	0.030	0.037	0.005					
0.137	0.137	0.143	0.138	0.137	0.137	0.129	0.128	0.131	0.139	0.127	0.128	0.150	0.121	0.134	0.006					
0.021	0.021	0.020	0.025	0.022	0.024	0.020	0.023	0.023	0.018	0.020	0.026	0.027	0.013	0.021	0.003					
0.008	0.008	0.017	0.010	0.018	0.017	0.018	0.014	0.018	0.010	0.013	0.015	0.019	0.008	0.012	0.004					
0.019	0.019	0.018	0.021	0.019	0.017	0.021	0.024	0.019	0.019	0.019	0.014	0.024	0.009	0.018	0.003					
1.139	1.139	1.079	1.087	1.075	1.073	1.114	1.089	1.119	1.075	1.118	1.130	1.166	1.071	1.123	0.026					
0.059	0.059	0.034	0.036	0.041	0.043	0.035	0.043	0.050	0.058	0.036	0.064	0.072	0.012	0.051	0.013					
0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001					
0.025	0.025	0.030	0.031	0.030	0.030	0.027	0.029	0.030	0.031	0.031	0.031	0.034	0.015	0.026	0.004					
0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000					
1.96	1.96	1.93	1.94	1.93	1.93	1.94	1.93	1.95	1.93	1.94	1.98	2.01	1.91	1.95	0.02					
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00					
13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	0.00					