

文章编号:1007-967X(2003)03-0032-05

铜电解液物理化学性质之一:电解液的密度

李 坚, 王达健, 朱祖泽

(昆明理工大学 材料与冶金工程学院, 昆明, 650093)

摘 要:在铜电解生产中, 电解液的密度是一个很重要的物理化学性质, 它不仅影响电解槽中热量和质量的传递, 而且也影响电解过程中铜电沉积物的纯度和表面状况。本文对铜电解液的密度的各研究结果进行了比较和综述。

关键词:铜; 电解液; 密度

中图分类号:TF811

文献标识码:A

对粗铜阳极进行电解精炼, 以获取较高纯度的铜产品的工艺已有百年历史。粗铜电解精炼的电解液主要由具有一定浓度的 $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液体系构成; 此外, 在生产过程中还可能与其它金属或非金属杂质溶入电解液中, 如 Ni、Fe、As、Sb、Bi、Ca、Mg、Na、Al 等。铜电解液的物理化学性质主要包括电解液密度、粘度、电导率、表面张力、比热以及金属离子(特别是 Cu^{+2})的扩散系数。铜电解过程的电能消耗受电解液的电导率影响很大; 密度、粘度以及金属离子(特别是 Cu^{+2})的扩散系数会影响电解槽中热量和质量的传递, 同时也影响电解过程中金属电沉积物的纯度和表面状况。电解液中金属或非金属杂质的存在不仅影响电解液的物理化学性质, 而且也影响到电解沉积物的纯度和电能的消耗。

Holler 和 Peffer^[1]最早提出铜电解液的密度是 $[\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4]$ 浓度总和的函数, 而不是单个组分浓度的函数。早期密度值主要基于 1916 年 Holler 和 Peffer 在 25 °C 和 40 °C 的测定结果。Eisenberg、Tobias 和 Wilke^[2,3], Claessens^[4,5], Price 和 Davenport^[6,7]等人都曾对 $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{SO}_4$ 体系的密度进行过不少研究。他们除对纯电解液进行研究外, Claessens^[4]还测定了含有 Co、Mg、Na、Al 的铜电解液的密度; 而 Davenport 则将 Ni、As 和 Fe 作为共存的金属杂质, 测定了该电解液系列的密度。

不同时期的研究结果都表明: 电解液的密度总

是随电解液中铜离子和各杂质离子浓度升高而增大; 随电解液中硫酸浓度增大而增大; 随温度升高而降低。Price 和 Davenport 的研究表明: 电解液的密度受温度影响很小, 其随温度的变化率小于 $0.0006 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{per } ^\circ\text{C}$ ^[7]。而 Subbaiah 和 Das^[8]的研究结果更小, 为: $0.000375 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{per } ^\circ\text{C}$ (20~60 °C)。

Price and Davenport^[7]测定了 $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{SO}_4$ 体系在 50~70 °C 时, 含 Cu 40~55 g/L、 H_2SO_4 160~220 g/L 的密度值。

得出下列经验方程(偏差为 $\pm 0.005 \text{ g/cm}^3$):

$$\rho = 1.01856 + 0.00238[\text{Cu}] + 0.00054[\text{H}_2\text{SO}_4] - 0.00059t \quad (1)$$

式中 ρ ——电解液的密度, g/cm^3 ;

$[\text{Cu}]$, $[\text{H}_2\text{SO}_4]$ ——分别为电解液中 Cu^{+2} 和 H_2SO_4 的浓度, g/L ;

t ——电解液的温度, °C (以下符号含义相同)。

上述经验方程计算所得密度值与 Holler 和 Peffer^[1]以及 Eisenberg 等人^[2]研究结果非常相近。

Subbaiah 和 Das^[8]测定并研究了含 (g/L) Fe (II) 0~11.95, Fe (III) 0~15.8, Co 0~17.30, Mn 0~19.90 和 Ni 0~19.60 的 $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{SO}_4$ 电解液在 30 °C 时的密度, 并得出下列方程:

$$\rho = 1.02 + 10^{-3} \{ 2 \times ([\text{Cu}] + [\text{Fe}] + [\text{Mn}] + [\text{Co}]) + 0.5[\text{H}_2\text{SO}_4] - 0.6t \} \quad (2)$$

• 收稿日期: 2003-01-22

作者简介: 李 坚(1963—), 女, 副教授, 对铜电解、电积过程以及电解过程中的添加剂有较深入的研究。

可见,一旦电解液中有任何杂质存在时,都会使电解液的密度增大。

Price and Davenport^[6]也测定了含(g/L)H₂SO₄ 165~225、Cu 30~60、Ni 0~20、As 0~10、Fe 0~3的电解液在 50~70 ℃ 的密度,得出一个线性方程(±0.01 g/cm³):

$$\rho = 1.022 + 10^{-3}(1.04[As] + 2.24[Cu] + 2.37[Fe] + 2.24[Ni] + 0.55[H_2SO_4] - 0.58 t) \quad (3)$$

上述实验结果与 Price 早期对 CuSO₄ - H₂SO₄ 电解液体系的研究结果^[9]相符。

Price and Davenport 等人的测定结果也与 Claessens^[4]对含 Cu、Co、Mg、Na、Al 和 H₂SO₄ 的电解液的研究结果相符。于是 Price and Davenport 等人将自己的研究与 Claessens 的研究相结合,得出另一密度方程(±0.02 g/cm³):

$$\rho = 1.02 + 10^{-3}\{2([Cu] + [Ni] + [Fe] + [Co] + [Na]) + 1[As] + 3[Mg] + 6[Al] + 0.5[H_2SO_4] - 0.6 t\} \quad (4)$$

Hotlos 和 Jaskula^[10]也通过测定和研究 CuSO₄ - H₂SO₄ 体系的电解液密度,表明:CuSO₄ 的浓度对电解液密度的影响比 H₂SO₄ 浓度更大,而温度的影响则相对要小些。同时将 CuSO₄ - H₂SO₄ 体系的电解液密度表示为一个具有三个自变量的函数:

$$\rho(X, Y, Z) = 10^{-3}(K + L \times K + M \times Y)\exp(E_p/T) \quad (5)$$

K、L、M 系数的值取决于 H₂SO₄ 和 CuSO₄ 所采用的浓度形式;T 是绝对温度;E_p 是温度系数, E_p = 53。上述多项式中的各系数及实验测定和用多项式计算所得密度值的平均偏差和最大偏差如表 1。

Hotlos 和 Jaskula^[10]的多项式的计算结果与 Claessens^[5]、Price 和 Davenport^[7]的结果很吻合,但与 Eisenberg 等人^[2]的研究结果略有差异。

表 1 (5)式中的各系数,以及实验测定和用多项式计算所得的密度值的平均偏差和最大偏差

使用的浓度形式	K	L	M	平均偏差最大偏差	
				(%)	(%)
X - Cu ²⁺ (g/L) 25℃	841	1.95	0.48	0.14	0.50
Y - H ₂ SO ₄ (g/L) 25℃					
X - CuSO ₄ (M) 25℃	841	124	47	0.14	0.44
Y - H ₂ SO ₄ (M) 25℃					
X - CuSO ₄ (mol/kg H ₂ O)	864	118	39	0.19	0.62
Y - H ₂ SO ₄ (mol/kg H ₂ O)					

梅津良昭等人^[11]使用含有 NiSO₄、FeSO₄、Fe₂(SO₄)₃ 和 As₂O₃ 的硫酸铜溶液作为电解液,在温度为 20~70 ℃ 范围内测定了 CuSO₄ - H₂SO₄ 体系、CuSO₄ - NiSO₄ - H₂SO₄ 体系以及含 Fe(Ⅱ)、Fe(Ⅲ)或 As(Ⅲ)的 CuSO₄ - H₂SO₄ 体系的电解液密度值。在铜电解精炼和电积过程中,这四种杂质化合物对铜电解液的物理化学性质产生较大影响。被测硫酸盐的浓度范围(g/L):H₂SO₄ 0~225;Cu 0~70;Ni 0~30;Fe(Ⅱ) 0~15;Fe(Ⅲ) 0~15;As 0~10。

经数学处理,建立随浓度、温度变化的电解液密度经验方程(6),该方程标准偏差为 0.000 7 g/cm³。

$$\rho = 1.0087 - (4.1 \times 10^{-4} + 1.0 \times 10^{-4} C_{H_2SO_4} + 1.4 \times 10^{-4} C_M)t + (6.26 \times 10^{-2} + 5.7 \times 10^{-3} C_M \times C_{H_2SO_4} + 0.1570 C_M) \quad (6)$$

$$C_M = C_{Cu} + 0.98C_{Ni} + 0.93C_{Fe^{+2}} + 1.15C_{Fe^{+3}} + 0.5C_{As} \quad (7)$$

其中 C——各物种的摩尔浓度, mol/L ;
C_M——硫酸盐的摩尔浓度, mol/L,它可通过在 20 ℃ 时溶液中各金属离子浓度(mol/L)的分析值计算而得;
t——溶液温度, ℃。

将部分电解液密度值列于表 2,以便分析比较。

表 2 不同组成的电解液的密度

浓 度 (g/L)								密 度 (g/cm ³)						参 考 文 献
H ₂ SO ₄	Cu	Ni	Fe ⁺²	Fe ⁺³	As	Mn	Co	温 度 (℃)						
								20	25	40	50	60	70	
0.0	0.00							0.9982	0.9971	0.9922	0.9881	0.9832	0.9778	[11]
0.0	10.30							1.0237	1.0225	1.0173	1.0130	1.0080	1.0024	[11]
0.0	20.15							1.0486	1.0474	1.0418	1.0373	1.0321	1.0261	[11]
0.0	30.25							1.0732	1.0715	1.0658	1.0611	1.0558	1.0495	[11]
0.0	40.13							1.0974	1.0957	1.0895	1.0846	1.0790	1.0727	[11]
0.0	50.05							1.1213	1.1195	1.1128	1.1078	1.1020	1.0956	[11]
0.0	60.10							1.1453	1.1432	1.1362	1.1312	1.1252	1.1186	[11]
25.0	0.00							1.0148	1.0133	1.0078	1.0035	0.9984	0.9927	[11]

(续表 2)

浓 度 (g/L)								密 度 (g/cm³)						参 考 文 献
H ₂ SO ₄	Cu	Ni	Fe ⁺²	Fe ⁺³	As	Mn	Co	温 度 (℃)						
								20	25	40	50	60	70	
25.0	10.05							1.0391	1.0376	0.0317	1.0268	1.0209	1.0158	[11]
25.0	20.08							1.0636	1.0618	1.0555	1.0506	1.0455	1.0389	[11]
24.9	30.07							1.0877	1.0858	1.0792	1.0741	1.0685	1.0621	[11]
25.0	50.00							1.1353	1.1332	1.1258	1.1204	1.1145	1.1080	[11]
25.0	70.00							1.1823	1.1799	1.1720	1.1664	1.1600	1.1531	[11]
50.0	0.00							1.0309	1.0290	1.0230	1.0186	1.0134	1.0074	[11]
50.2	10.05							1.0549	1.0528	1.0464	1.0414	1.0360	1.0301	[11]
50.3	20.22							1.0771	1.0767	1.0696	1.0645	1.0587	1.0542	[11]
50.3	30.16							1.1026	1.1002	1.0928	1.0875	1.0815	1.0751	[11]
50.0	50.00							1.1511	1.1471	1.1391	1.1334	1.1273	1.1205	[11]
50.0	70.00							1.1968	1.1941	1.1855	1.1793	1.1727	1.1657	[11]
100.4	0.00							1.0628	1.0600	1.0531	1.0480	1.0425	1.0365	[11]
99.9	10.08							1.0858	1.0832	1.0759	1.0705	1.0646	1.0586	[11]
99.8	20.13							1.1093	1.1064	1.0985	1.0928	1.0868	1.0804	[11]
99.8	30.08							1.1323	1.1294	1.1212	1.1154	1.1092	1.1025	[11]
99.4	40.06							1.1556	1.1525	1.1438	1.1377	1.1313	1.1246	[11]
99.5	50.12							1.1789	1.1751	1.1667	1.1604	1.1542	1.1468	[11]
99.5	60.04							1.2037	1.1992	1.1892	1.1829	1.1760	1.1688	[11]
150.7	0.00							1.0945	1.0904	1.0827	1.0773	1.0715	1.0659	[11]
149.7	10.12							1.1160	1.1132	1.1049	1.0991	1.0930	1.0866	[11]
150.0	20.07							1.1389	1.1361	1.1273	1.1214	1.1151	1.1083	[11]
150.0	30.22							1.1618	1.1587	1.1497	1.1436	1.1370	1.1301	[11]
149.6	40.14							1.1847	1.1813	1.1717	1.1654	1.1586	1.1517	[11]
149.4	50.46							1.2086	1.2053	1.1954	1.1887	1.1820	1.1747	[11]
149.3	60.05									1.2162	1.2095	1.2025	1.1950	[11]
163.4	40.0										1.1742	1.1683	1.1617	[7]
163.4	45.0										1.1844	1.1781	1.1718	[7]
163.4	50.0										1.1954	1.1881	1.1827	[7]
163.4	55.0										1.2056	1.2014	1.1974	[7]
175.3	0.00							1.1087	1.1054	1.0973	1.0915	1.0855	1.0791	[11]
174.6	40.12							1.1997	1.1961	1.1863	1.1796	1.1730	1.1659	[11]
174.2	50.18							1.2218	1.2183	1.2082	1.2014	1.1943	1.1872	[11]
175.2	60.21									1.2301	1.2234	1.2161	1.2087	[11]
182.6	40.0										1.1841	1.1784	1.1725	[7]
182.6	45.0										1.1948	1.1886	1.1831	[7]
182.6	50.0										1.2051	1.2000	1.1911	[7]
182.6	55.0										1.2162	1.2119	1.2065	[7]
200.4	0.00							1.1240	1.1205	1.1118	1.1060	1.0999	1.0927	[11]
199.6	10.03							1.1461	1.1428	1.1338	1.1276	1.1214	1.1147	[11]
201.8	20.26							1.1711	1.1674	1.1579	1.1516	1.1450	1.1381	[11]
199.7	30.10							1.1930	1.1878	1.1780	1.1716	1.1650	1.1576	[11]
200.7	40.16							1.2136	1.2102	1.2001	1.1931	1.1864	1.1794	[11]
201.8	45.0										1.2054	1.1996	1.1952	[7]
200.6	50.01									1.2225	1.2149	1.1081	1.1008	[11]
201.8	55.0										1.2273	1.2218	1.2162	[7]
200.2	60.05									1.2447	1.2375	1.2297	1.2222	[11]
224.2	40.06							1.2279	1.2236	1.2113	1.2062	1.1994	1.1923	[11]
221.0	45.0										1.2164	1.2097	1.2034	[7]
224.8	50.23									1.2353	1.2279	1.2207	1.2138	[11]
221.0	55.0										1.2379	1.2329	1.2263	[7]
224.9	60.10									1.2574	1.2501	1.2428	1.2353	[11]
150.3	40.01	10.07						1.2097	1.2060	1.1961	1.1898	1.1826	1.1756	[11]
150.3	40.0	20.14						1.2334	1.2300	1.2199	1.2134	1.2063	1.1989	[11]
150.3	50.01	10.07						1.2314	1.2280	1.2178	1.2111	1.2041	1.1968	[11]

(续表 2)

浓 度 (g/L)								密 度 (g/cm ³)						参 考 文 献
H ₂ SO ₄	Cu	Ni	Fe ⁺²	Fe ⁺³	As	Mn	Co	温 度 (℃)						
								20	25	40	50	60	70	
150.3	50.00	20.14								1.2411	1.2343	1.2272	1.2198	[11]
150.3	60.00	10.07								1.2397	1.2329	1.2256	1.2182	[11]
150.0	60.00	20.14								1.2639	1.2568	1.2496	1.2421	[11]
175.3	40.00	10.07					1.2235	1.2201	1.2100	1.2031	1.1961	1.1889	1.1819	[11]
175.3	40.00	20.14					1.2470	1.2436	1.2331	1.2262	1.2192	1.2119	1.2049	[11]
175.3	50.00	10.07					1.2456	1.2420	1.2316	1.2247	1.2175	1.2100	1.2030	[11]
175.3	50.00	20.14							1.2549	1.2477	1.2405	1.2330	1.2260	[11]
175.3	60.00	10.07							1.2532	1.2461	1.2388	1.2314	1.2244	[11]
175.0	60.00	20.14							1.2773	1.2701	1.2627	1.2552	1.2482	[11]
200.4	40.00	10.07					1.2367	1.2333	1.2228	1.2160	1.2090	1.2029	1.1959	[11]
200.4	40.00	20.14							1.2467	1.2397	1.2324	1.2249	1.2179	[11]
200.0	40.00	30.21							1.2705	1.2643	1.2560	1.2484	1.2414	[11]
200.4	50.00	10.07							1.2449	1.2378	1.2305	1.2232	1.2162	[11]
200.4	50.00	20.14							1.2681	1.2611	1.2538	1.2464	1.2394	[11]
200.0	50.00	30.21							1.2924	1.2850	1.2776	1.2700	1.2630	[11]
200.4	60.00	10.07							1.2664	1.2591	1.2520	1.2444	1.2374	[11]
200.0	60.00	20.14							1.2901	1.2829	1.2753	1.2678	1.2608	[11]
200.0	60.00	30.21							1.3137	1.3065	1.2988	1.2911	1.2841	[11]
225.3	40.00	10.07							1.2367	1.2296	1.2225	1.2150	1.2080	[11]
225.2	39.98	20.12							1.2595	1.2525	1.2451	1.2376	1.2306	[11]
225.0	50.00	10.07							1.2585	1.2514	1.2442	1.2366	1.2296	[11]
225.0	50.00	20.14							1.2817	1.2744	1.2670	1.2594	1.2524	[11]
225.0	60.00	10.07							1.2802	1.2792	1.2653	1.2578	1.2508	[11]
225.0	60.00	20.14							1.3032	1.2958	1.2882	1.2805	1.2735	[11]
25	50		5.0					1.1483	1.1456	1.1381	1.1328	1.1268	1.1202	[11]
25	50		10.0					1.1607	1.1583	1.1507	1.1451	1.1391	1.1324	[11]
25	50		15.0					1.1739	1.1707	1.1631	1.1575	1.1514	1.1446	[11]
50	30		5.0					1.1155	1.1128	1.1053	1.0999	1.0939	1.0873	[11]
50	30		10.0					1.1280	1.1255	1.1179	1.1120	1.1060	1.0994	[11]
50	30		15.0					1.1410	1.1379	1.1300	1.1245	1.1183	1.1117	[11]
143.0	38.5		0.985						1.165					[8]
143.0	38.5		2.760						1.168					[8]
143.0	38.5		8.350						1.179					[8]
143.0	38.5		11.95						1.186					[8]
200	40		5.0					1.2257	1.2219	1.2116	1.2051	1.1980	1.1907	[11]
200	40		10.0					1.2373	1.2334	1.2230	1.2163	1.2088	1.2016	[11]
200	40		15.0					1.2483	1.2452	1.2347	1.2278	1.2206	1.2131	[11]
25	50			5.0				1.1516	1.1484	1.1410	1.1352	1.1290	1.1223	[11]
25	50			9.9				1.1670	1.1637	1.1557	1.1500	1.1437	1.1369	[11]
25	50			14.9				1.1823	1.1789	1.1706	1.1645	1.1579	1.1507	[11]
50	30			5.0				1.1181	1.1158	1.1083	1.1030	1.0975	1.0916	[11]
50	30			9.9				1.1336	1.1313	1.1236	1.1178	1.1116	1.1049	[11]
50	30			14.9				1.1494	1.1469	1.1389	1.1329	1.1266	1.1197	[11]
163.5	41.6		0.779						1.180					[8]
163.5	41.6		1.550						1.183					[8]
163.5	41.6		3.160						1.187					[8]
163.5	41.6		7.400						1.191					[8]
163.5	41.6		15.80						1.220					[8]
200	40		5.0					1.2279	1.2267	1.2144	1.2076	1.2007	1.1935	[11]
200	40		9.9					1.2426	1.2392	1.2288	1.2221	1.2150	1.2076	[11]
200	40		14.9					1.2574	1.2539	1.2433	1.2365	1.2293	1.2220	[11]
25	50				5.0			1.1404	1.1382	1.1310	1.1255	1.1192	1.1129	[11]
25	50				10.0			1.1457	1.1435	1.1360	1.1306	1.1245	1.1180	[11]
50	30				5.0			1.1078	1.1054	1.0981	1.0926	1.0867	1.0803	[11]

(续表 2)

浓 度 (g/L)								密 度 (g/cm³)						参 考 文 献
H ₂ SO ₄	Cu	Ni	Fe ⁺²	Fe ⁺³	As	Mn	Co	温 度 (℃)						
								20	25	40	50	60	70	
50	30				10.0			1.1457	1.1108	1.1032	1.0977	1.0917	1.0852	[11]
200	40				5.0			1.2186	1.2154	1.2051	1.1984	1.1915	1.1842	[11]
200	40				10.0			1.2228	1.2205	1.2101	1.2032	1.1963	1.1890	[11]
143.6	38.5					0.900			1.165					[8]
143.6	38.5					4.580			1.173					[8]
143.6	38.5					9.020			1.183					[8]
143.6	38.5					19.90			1.204					[8]
143.3	39.3						0.860		1.168					[8]
143.3	39.3						4.290		1.175					[8]
143.3	39.3						8.300		1.183					[8]
143.3	39.3						17.30		1.199					[8]
165	30	20	3	5							1.2115	1.2044	1.1975	[6]
165	40	10	1	10							1.2102	1.2033	1.1965	[6]
165	45	0	10	2						1.2161	1.2096	1.2027		[6]
165	50	5	3	0							1.2138	1.2068	1.2001	[6]
165	55	4	20	1						1.2693	1.2625	1.2550		[6]
165	60	0	1	2.5							1.2224	1.2150	1.2084	[6]
185	30	10	2	2.5							1.1938	1.1870	1.1803	[6]
185	40	5	0	5							1.2021	1.1953	1.1883	[6]
185	50	0	2	10							1.2218	1.2144	1.2082	[6]
185	60	20	2	0							1.2780	1.2708	1.2642	[6]
205	30	5	1	0							1.1873	1.1805	1.1736	[6]
205	40	0	2	2.5							1.2029	1.1959	1.1896	[6]
205	50	20	1	5							1.2714	1.2637	1.2569	[6]
205	60	10	3	10							1.2787	1.2715	1.2648	[6]
225	30	0	0	10							1.1977	1.1907	1.1842	[6]
225	40	20	3	0							1.2586	1.2515	1.2446	[6]
225	50	10	0	2.5							1.2544	1.2469	1.2404	[6]
225	60	5	0	5							1.2671	1.2599	1.2529	[6]

参考文献:

[1] H. D. Holler and E. L. Peffer, J. Am. Chem. Soc. [J], 38, 1021~1029 (1916).

[2] M. Eisenberg, C. W. Tobias and C. R. Wilky, J. Electrochem. Soc. [J], 103(7), 413~416 (1956).

[3] C. R. Wilke, M. Eisenberg and C. W. Tobias, J. Electrochem. Soc. [J], 100(11), 513~523 (1953).

[4] Claessens, Ph.D. Thesis, Univesité de Lauvain[J], 1967.

[5] Claessens, Bull. Soc. Chem. Belges[J], 77, 213~236 (1968).

[6] D. C. Price and W. G. Davenport, Metall. Trans. B. [J], 12 (12), 639~643 (1981).

[7] D. C. Price and W. G. Davenport, Metall. Trans. B. [J], 11 (3), 159~163 (1980).

[8] T. Subbaiah and S. C. Das, Metall. Trans. B. [J], 20 (3), 375~380 (1989).

[9] D. C. Price, H. Larsson and W. G. Davenport; Nouveau J. de Chimie[J], 4, 7~9 (1980).

[10] J. Hotlos and M. Jaskula, Hydrometallurgy [J], 21, 1~7 (1988).

[11] 梅津良昭, 苏庆泉, 户尺一光. 资源与素材学会志[J], 105 No. 9, 693~699<43~49> (1989).

One of the Physicochemical Property of Copper Electrolyte:
the Density of Electrolyte

LI Jian, WANG Da-jian, ZHU Zhu-ze

(Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: The density of copper electrolyte is an important physical-chemical property which not only influence the transfer of heat and mass in electro bath, but also influence the purity of copper electrodeposit and superficial quality. The researches of densities of copper electrolytes were compared and summarized.

Key words: copper; electrolyte; density