

水質項目	自來水(軟水)	電解氧化水	電解還原水
Oxidation-reduction potential (ORP; mV)	500	750	-250
pH	7.2	3.7	8.9
Dissolved oxygen (DO; mg/L)	8.2	9.5	7.2
Hardness (mg/L as CaCO <sub>3</sub> )	61	45	75
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	14.2	10.3	17.4
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	6.5	4.9	8.0
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	19.0	26.3	13.8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	27.7	24.6	18.8

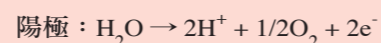
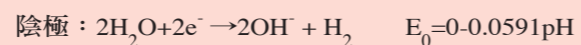
表1 日本自來水及電解水水質

日本是電解水機的發源地，也是目前發展最好的國家。1931年，根據長壽地區的水質特點，日本研製出世界上第一台電解水機。1966年日本厚生省(相當於國家衛生部)將電解水機作為醫療器材，並承認它對於胃腸疾病的療效。1994年日本厚生省成立“電解水研究委員會”；同年日本癌症防治中心發表報告“自由基是致癌的誘因”，並證實電解水確實能去除人體內的自由基。目前，日本已有近百家電解水機生產廠家，電解水機已成為日本家庭必備的保健家電<sup>[8]</sup>。

臺灣70年代末期引入電解水產品，今天從基礎研究、產品研發、品牌推廣和市場發育等各方面已經發展成為可以與日本相媲美的美區。臺灣不僅本土市場發展良好，而且成為大量向日本和東南亞輸出產品和技術的地區。電解水對未來可能在醫學方面，能減少藥物治療所帶來的傷害，在養殖漁業都可利用電解水來控制酸鹼度。

電解水是以電解方式使水之pH值與氧化還原電位改變，並分解產生O<sub>2</sub>及H<sub>2</sub>。一般來說，能讓自由能增加的化學反應是不存在的。因此，水在自然狀態下不可能分解產生O<sub>2</sub>及H<sub>2</sub>。但是若在水中加入陰極、陽極，通上電流，即能比照法拉第定律發生電解反應。陽極的材料通常以不易溶解的白金或石墨比較妥當。

在陰極及陽極的氧化還原反應如下<sup>[9]</sup>：

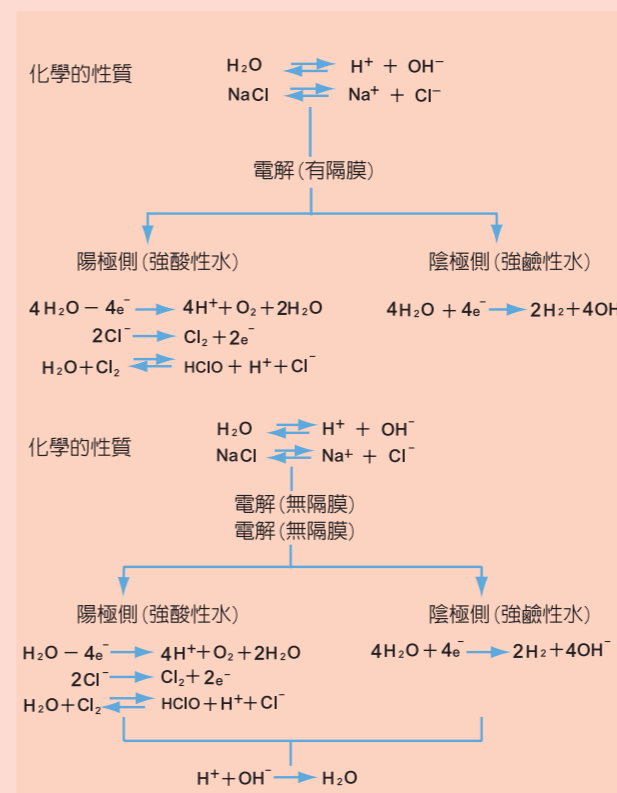


$E_0 = 1.228 - 0.0591pH$

陰極和陽極表面生成氫與氧後，電極四週的水，便會傾向鹼性和酸性，氧化還原電位亦隨之改變。在兩極之間置入能限制水移轉的多孔性半透膜，或能讓陰陽離子有選擇性通過的陰陽離子半透膜，即能自陰極收集氫離子濃度高具還原力的鹼性水，自陽極收集氫離子濃度高且具氧化力的酸性水，典型之電解水水質及其與自來水之比較如表1所示<sup>[10]</sup>，經電解後之水質改變；目前，自陰極、陽極產生之電解水稱謂目前並未統一，電解酸性水亦稱為電解氧化水，電解鹼性水則是電解還原水，而電解水則能夠應用在許多領域，例如：飲用水、醫療、農業及其他等<sup>[9,10]</sup>。

電流通過水(H<sub>2</sub>O)時，氫氣在陰極形成，氧氣則在陽極形成。帶正電荷的離子向陰極移動，溶於水中的礦物質鈣、鎂、鉀、鈉等帶正電荷的離子，便在陰極形成；而帶負電的離子，在陽極生成。添加在自來水裡的氯也被排於陽極的酸性水中。典型的電解設備分為有隔膜(離子半透膜)及無隔膜二種，其設備示意圖見圖8及圖9所示<sup>[11]</sup>，如欲分開收集酸性水與鹼性

水，則大多採用有隔膜形式。電解之化學反應方程式如下：



目前，許多有關電解水的專利已刊登在日本及美國專利公報中，一些日本公司，例如：Organo<sup>[12,13]</sup>、Toshiba<sup>[14]</sup>、NEC<sup>[15]</sup>等已經成功地應用電解氧化水及電解還原水於半導體業的清洗製程上。NEC公司使用電解超純水產生之陰極還原水清洗Cu-CMP製程殘留在晶圓上的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>；Toshiba公司則利用陽極氧化水，證實被清洗的電子元件表面殘留的粒子數能明顯降低，其效果比使用純水或其他化學物質為佳，因為其水分子團較小，在微觀行為上有助於被清洗介面顆粒的移除<sup>[16]</sup>，間接達到節水及用藥節省之好處。水分子團小的水具備較大的滲透(Penetration)與萃取(Extraction)能力，用於半導體製造業晶圓的清洗程式上恰能發揮此特殊效能。近年來有關電解水之研究諸多應用於清洗及消毒用途上，呈現良好之功效。

結論

電透析技術為高級水處理技術之一，舉凡海水淡化、製鹽、回收水處理、超純水製造、電解水製造等，皆須應用該技術，而透過該技術進行回收水處理亦能獲致良好節水效果，期望透過本文介紹，讓您能了解該技術的內涵與未來的應用發展。

參考文獻

1. <http://news.yam.com/ettoday/fn/200610/20061028486592.html>。
2. <http://yjsy.xmu.edu.cn/Cn/uploads/7膜分离.ppt>。
3. <http://liukovsky.niu.edu.tw/lesson/ysli/電透析法.doc>。
4. <http://www.astom-corp.jp/en/index.html>。
5. [http://open.nat.gov.tw/OpenFront/report/show\\_file.jsp?sysId=C09403491&fileNo=001](http://open.nat.gov.tw/OpenFront/report/show_file.jsp?sysId=C09403491&fileNo=001)。
6. [http://big5.goodsres.com/gate/big5/china.goodsres.com/sell/show\\_html/20/01/1034675.html](http://big5.goodsres.com/gate/big5/china.goodsres.com/sell/show_html/20/01/1034675.html)。
7. <http://www.lenntech.com/boiler/edi.htm>。
8. <http://pgjw.bjedu.gov.cn/peixunzx/xinxibu/kejian/huaxue/%E7%94%B5%E8%A7%A3%E5%8F%8A%E5%BA%94%E7%94%A8/shuiyuanli.htm>。
9. 詹舒斐、陳仁仲、王今方，電解水基礎研究，節水季刊，第21期，[http://wcis.eri.itri.org.tw/publish/waterpbs/sen\\_pub/volume21/p07.htm](http://wcis.eri.itri.org.tw/publish/waterpbs/sen_pub/volume21/p07.htm)(2001)。
10. 詹舒斐，認識電解水，節水季刊，第19期，[http://wcis.eri.itri.org.tw/publish/waterpbs/sen\\_pub/volume19/p07.htm](http://wcis.eri.itri.org.tw/publish/waterpbs/sen_pub/volume19/p07.htm)(2000)。
11. <http://www.hokkaidenki.co.jp/acs/pdf/effect.pdf>。
12. H. Aoki, M. Nakamori, K. Yamanaka, T. Imaoka, T. Futatsuki, and Y. Yamashita, Method and Apparatus for Cleaning Electronic Parts, U.S. Patent No. 5635053 (1997).
13. K. Yamanaka, T. Imaoka, T. Futatsuki, Y. Yamashita, K. Mitsumori, Y. Kasama, H. Aoki, S. Yamasaki, and N. Aoto, Electrolyzed Water as the Novel Cleaning Media in Ultra-Large-Scale Integration and Liquid-Crystal Display Manufacturing, Langmuir, Vol. 15, No. 12, pp. 4165-4170 (1999).
14. K. Hiroshi, K. Ichiro, and M. Naoto, Electrolytic Ionized Water Producing Device, Method for Producing Electrolytic Ionized Water, Cleaner and Method for Cleaning Semiconductor Device, Japan Patent No. 033376A2 (2000).
15. H. Aoki and S. Yamasaki, Post Metal/Low k-CMP Cleaning Technology, Oyo Buturi, Vol. 68, No. 11, pp. 1267-1270 (1999).
16. K. Yamanaka, A. Shimizu, S. Sugai, and S. Mashimo, Dynamic structure of water in ultra pure water producing system observed by dielectric and <sup>17</sup>O-NMR relaxations, Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol. 29, pp. 421-426 (1996).

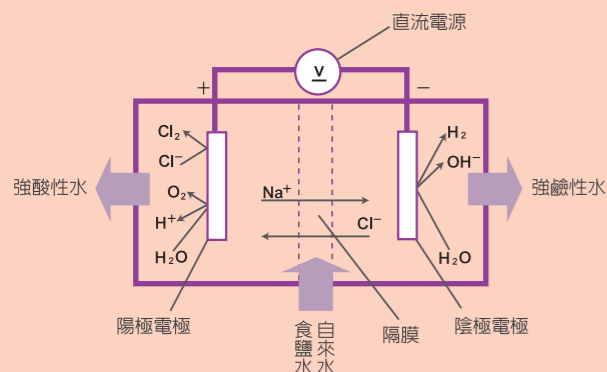


圖8 有隔膜電解示意圖

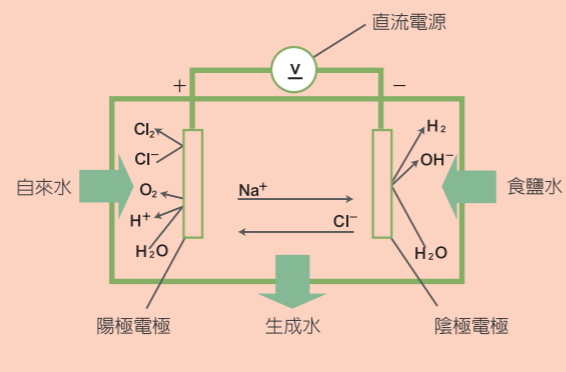


圖9 無隔膜電解示意圖