

## SEPCQ를 리용한 용액전도도측정장치에 대한 연구

류혁철, 백영준, 손문호

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《인민경제 모든 부문의 생산기술공정과 생산방법, 경영활동을 새로운 과학적로대우에 올려세우기 위한 연구사업도 강화하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제11권 138페이지)

SEPCQ(Serial Electrode Piezo Quartz Crystal: 직렬석영결정압전진동자)응용기술은 QC(Quartz Crystal: 석영결정압전진동자)응용기술의 새로운 한가지 방법으로서 종전의 용액전도도측정방법들에 비해 감도가  $10^4$ 배이고 정밀도가 높으며 응용전망이 넓은것으로 하여 오늘 첨단연구대상의 하나로 되고있으며 현재 여러 나라들에서도 이에 대한 연구가 심화되고 그 응용이 날로 확대되고있다.[3]

우리는 SEPCQ를 리용한 용액전도도측정장치에 대한 연구를 진행하였다.

### 1. SEPCQ에 의한 전도도측정원리

SEPCQ는 용액의 전도도와 유전률의 약간의 변화에 의하여 예민하게 응답하는데 그 관계는 다음의 방정식으로 표현된다.[1-3]

$$F = F_0 \left( 1 + \frac{\pi F_0 C_q (2\pi F_0 C_S - A G_S)}{G_S^2 - 2\pi F_0 C_0 G_S A + 4\pi^2 F_0^2 C_S (C_0 + C_S)} \right) \quad (1)$$

여기서  $F_0$ 은 공진주파수,  $C_q$ 는 압전석영결정의 운동용량,  $C_0$ 은 정력학적용량 및 전극으로부터의 시작용량과 계의 분산용량이다. 그리고  $A$ 는 발진기출력결수,  $F$ 는 발진주파수,  $C_S$ 는 용액의 용량 그리고 용액의 유전상수와 유도선의 분산용량에 의존하며  $G_S$ 는 용액의 배경전도도이다.

$$dF = P_1 K dk_S + P_2 K d\varepsilon_S \quad (2)$$

여기서

$$P_1 = \pi F_0^2 C_q \left( \frac{A G_S^2 - 4\pi^2 F_0^2 C_S^2 A - 4\pi F_0 C_S G_S}{[G_S^2 - 2\pi F_0 C_0 G_S A + 4\pi^2 F_0^2 C_S (C_0 + C_S)]^2} \right) \quad (3)$$

$$P_2 = 2\pi F_0^3 C_q \left( \frac{G_S^2 - 4\pi^2 F_0^2 C_S^2 - 4\pi F_0 C_S A G_S}{[G_S^2 - 2\pi F_0 C_0 G_S A + 4\pi^2 F_0^2 C_S (C_0 + C_S)]^2} \right) \quad (4)$$

이며  $\varepsilon_S$ 는 용액의 유전률,  $k_S$ 는 용액의 전도도,  $C_q$ 는 전극의 분포용량이다. 그리고  $K(K=s/d)$ 는 그릇상수로서 여기서  $S$ 는 전극면적,  $d$ 는 전극간격이다.

식 (2)로부터 전도도와 유전률의 미세한 변화에 의하여 주파수변화가 일어난다는것을 알수 있다.

우의 원리에 따라 SEPQC를 리용한 용액전도도 측정 장치의 구성도는 그림과 같다.

그림에서 보는바와 같이 SEPQC수 감체계는 크게 컴퓨터, 4MHz석영결정 압전진동자, 비커, 평판형은전극, 시료 용액으로 구성되어 있다.

측정 체계에서 발진요소인 석영결정 압전진동자(4MHz)가 측정용전극과 직렬로 연결되어 있으므로 이런 의미에서 직렬석영결정압전체 즉 SEPQC로 표기한다.

용액속에 잠근 전극에서 수감된 미

세한 전도도변화에 의하여 신호발생단에서 걸어주는 공진주파수는 변화되며 이 변화된 주파수를 측정하여 현시, 수값처리 및 컴퓨터에 전송한다.

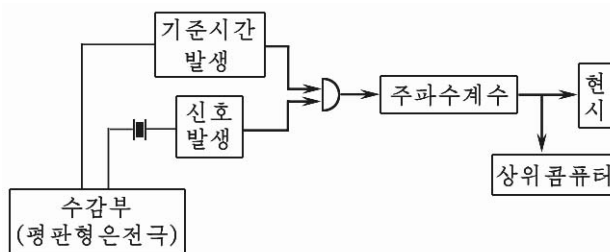


그림. SEPQC 측정 장치 구성도

## 2. SEPQC 측정 장치의 특성량 결정

특성을 결정하기 위하여 용액의 농도변화에 따르는 주파수변화를 표 1에 주었다.

표 1. 류산아연, 류산카드미움, 류산동농도변화에 따르는 주파수변화

첨가량 /mL	주파수/MHz			첨가량 /mL	주파수/MHz		
	류산아연	류산카드미움	류산동		류산아연	류산카드미움	류산동
0.1	4.003 471	4.003 591	4.003 455	0.7	4.002 938	4.002 611	4.003 042
0.2	4.003 384	4.003 364	4.003 409	0.8	4.002 868	4.002 454	4.002 938
0.3	4.003 305	4.603 235	4.003 351	0.9	4.002 713	4.002 335	4.002 856
0.4	4.003 202	4.003 136	4.003 301	1.0	4.002 585	4.002 212	4.002 718
0.5	4.003 121	4.002 974	4.003 226	1.1	4.002 467	4.002 096	4.002 627
0.6	4.003 069	4.002 780	4.003 164				

표 1로부터 류산아연과 류산카드미움, 류산동의 검량식은 각각

$$F = -0.000\ 9C + 4.003\ 6,$$

$$F = -0.016C + 4.003\ 7,$$

$$F = -0.000\ 7C + 4.003\ 5$$

이며 이때 상대오차는 각각 2%라는것을 알수 있다.

한편 정밀도를 평가하기 위하여 몇가지 대상시료들에 대하여 한 실험점에서 1min 간격으로 4번씩 측정을 진행하였는데 그 결과는 표 2와 같다.

표 2. 정밀도평가를 위한 여러 시료들의 농도에 따르는 측정값

농도 /(mol·L <sup>-1</sup> )	주파수/MHz		
	질산암모니움	류산카드미움	염화카리
10 <sup>-6</sup>	4.003 877±0.000 003	4.004 037±0.000 004	4.003 557±0.000 003
10 <sup>-5</sup>	4.003 474±0.000 002	4.003 534±0.000 001	4.003 254±0.000 003
10 <sup>-4</sup>	4.003 028±0.000 003	4.002 979±0.000 001	4.002 942±0.000 004
10 <sup>-3</sup>	4.002 116±0.000 001	4.002 215±0.000 001	4.002 019±0.000 004
10 <sup>-2</sup>	4.001 089±0.000 003	4.001 114±0.000 002	4.001 007±0.000 002
10 <sup>-1</sup>	3.999 166±0.000 003	3.999 234±0.000 003	3.999 095±0.000 003

표 2로부터  $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-1}$ mol/L에서의 표준편차가  $10^{-6} \sim 10^{-5}$ 정도로서 정밀도가 매우 높으며 매우 묽은 용액에 대해서도 정확히 측정된다는것을 알수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 손문호; 분석, 2, 21, 주체101(2012).
- [2] 손문호; 조선민주주의인민공화국 과학원통보, 2, 15, 주체104(2015).
- [3] 加藤 等; 分析化学, 52, 3, 165, (2003).

주체104(2015)년 8월 5일 원고접수

## **Device for Measuring a Delicate Variation of Conductivity in Solution with SEPQC**

*Ryu Hyok Chol, Paek Yong Jun and Son Mun Ho*

We developed device for measuring a delicate variation of conductivity in solution with SEPQC.

Key words: SEPQC, conductivity