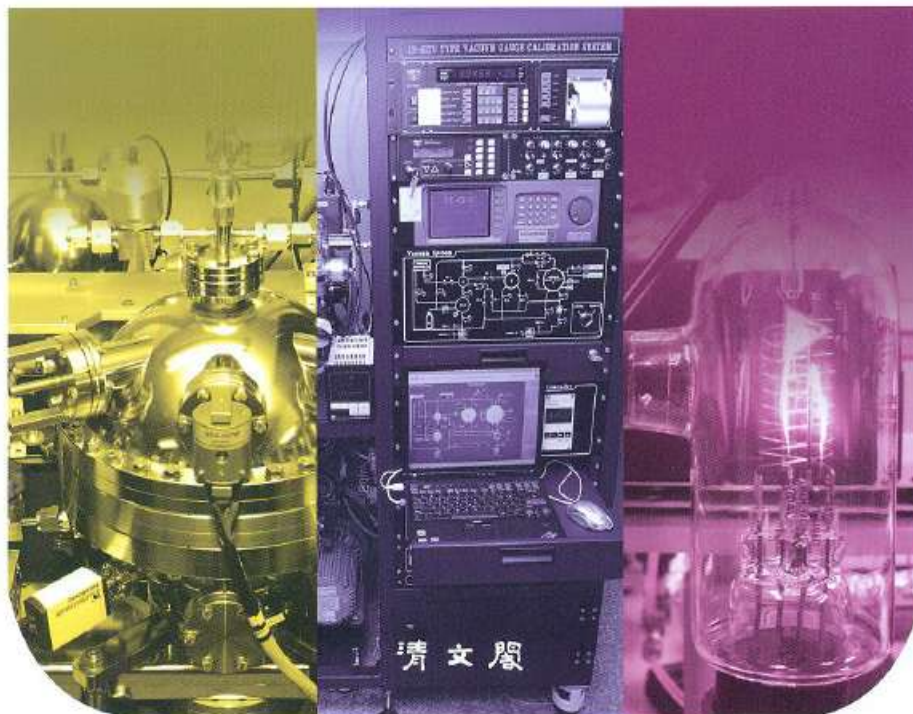


진공측정 핸드북

HANDBOOK OF VACUUM MEASUREMENTS

홍승수 · 신응현 · 정광화 지음



홍승수 (洪承秀)

- 일본 가쿠슈인대학교 대학원 졸업(이학박사)
- 충북대학교 제어계측공학과 졸업
- 경력 | 한국표준과학연구원 진공센터장
| ISO TC 112 Project Leader
- 현재 | 한국표준과학연구원 책임연구원
| 과학기술연합대학원대학교(UST) 겸임교수

신용현 (申容賢)

- 충남대학교 대학원 졸업(이학박사)
- 연세대학교 물리학과 졸업
- 경력 | 국가과학기술위원회 운영위원
| 한국표준과학연구원 전략기술연구본부장
- 현재 | 한국표준과학연구원 책임연구원
| 한국진공학회 진공분과 위원장

정광화 (鄭光和)

- 미국 피츠버그대학교 대학원 졸업(이학박사)
- 서울대학교 물리학과 졸업
- 경력 | 한국표준과학연구원장
| 한국진공학회 회장
- 현재 | 충남대학교 교수
| 충남대학교 분석과학기술대학원장



머리말

진공기술은 나노기술, 우주항공기술, 가속기 장치, 핵융합 장치, 표면분석 기술 등 첨단과학 연구 발전에 기반이 되는 기술인 동시에 우리나라 주력 산업인 반도체 및 디스플레이를 비롯하여 코팅, 식의약품 가공과 포장, 오염물 처리 등 많은 산업 분야에서 폭넓게 활용되는 기술입니다. 이런 진공 응용산업 분야에서 진공측정기술은 제품의 질이나 생산성 향상에 직접적으로 영향을 미치는 중요한 핵심기술이며, 신뢰성이 있는 진공측정 기술 확보 및 응용은 매우 중요한 과제이기도 합니다. 이때 필요한 측정기술은 단순히 압력의 크기인 진공도만을 측정하는 것에 그치는 것이 아니라 배기속도 조절이나 기체유량 제어에 필요한 측정기술, 용기 내의 기체 조성과 기체별 부분압 측정기술, 리크 검출 및 리크량 측정기술 등도 포함되는데, 이들 정보를 종합해야 진공 시스템 상태에 대한 제대로 된 정보를 얻을 수 있기 때문입니다. 실제로 진공공정을 응용하는 많은 산업분야에서는 정확한 진공측정 기술이 부족해 비효율적인 공정 운영이 되는 경우가 많으며 때로는 제품의 품질 저하나 불량 발생 등 막대한 경제적인 손실로 이어진 사례도 많은 것으로 보고되고 있습니다.

수많은 산업현장, 대학, 진공연구실에서 진공장비가 운용되고 진공측정이 행해짐에도 불구하고 진공측정에 대해 체계적인 정보를 얻기란 쉽지 않으며, 대학에서도 진공장비 관리나 진공 공정 운영에 필요한 진공기술을 배우기 어려운 것이 현실입니다.

저자들은 한국표준과학연구원에서 20년 이상 진공측정기술을 연구하고 진공 표준기를 개발하였으며, 진공 관련 제품이나 재료들에 대한 진공특성 평가 연구를 수행하고 있습니다. 이로 인해 다양한 산업 현장의 진공 관련 애로 기술을 접하고 이의 해결을 위한 기술자문이나 교육을 할 기회가 많았는데, 이때마다 현장의 기술자 및 학생들이 진공측정기술을 공부하고 스스로 이해하는 데 도움이 될 만한 책을 추천하는 것이 쉽지 않았습니다. 때문에 저자들의 연구 경험과 산업체와의 교류 경험을 토대로 현장에서 사용할 만한 진공측정기술서를 통해 우리의 경험을 남기자는 의미로 이 책을 발간하게 되었습니다.

지금까지 국내에서 출판된 대부분의 진공관련 서적들이 진공 관련 기체운동 이론부터 진공 발생과 응용까지 전 분야를 개괄적으로 다루고 있습니다. 그에

반해 이 책은 진공측정에 한정된 내용으로 구성하되 기초적인 것부터 다소 전문적인 내용까지도 포함하여 독자들의 수준에 따라 진공측정에 대한 정보를 얻을 수 있도록 하였으며, 학문적으로 접근하기보다는 저자들의 연구경험이 전달되도록 노력하였습니다.

이 책의 1장부터 9장까지는 진공분야에서 활용도가 가장 높은 측정기기만을 선정하여 원리 및 활용에 대해 쉽게 이해하도록 소개하였습니다. 10장에서는 저자들이 연구해온 진공표준 및 교정기술을 상세하게 설명하였으며, 특히 ISO/TC 112 진공기술분과의 국내외 활동을 소개하여 세계 진공측정기술 분야에서 한국의 위상을 가늠할 수 있도록 하였습니다. 11장과 12장에서는 부분압 및 질량유량계의 개념을 이해하도록 하고 13장에서는 진공산업에서 관심이 큰 리크검출 및 측정기술을 소개함으로써 이 책 한 권으로도 광범위한 진공기술의 개념을 이해하고 진공실무를 간접적으로 경험하는 효과를 거두도록 노력하였습니다. 또한 부록 1에는 지난 수년간 한국표준과학연구원 진공센터 홈페이지(vacuum.or.kr)의 Q&A를 통해 질문해온 내용 중에서 100개를 엄선하여 소개함으로써 대학생, 현장기술자 및 진공연구자들이 겪는 어려움을 서로 공유하고 해결하는 능력을 키우도록 하였고 부록 2와 부록 3에는 진공용어 및 진공기호를 소개하여 장치설계에 활용하도록 하였으며, 부록 9에는 한국진공연구조합 회원사 및 주력상품을 소개하여 진공산업체와의 정보교류에 활용되도록 하였습니다. 실제로 진공/압력의 국제단위는 Pascal(기호: Pa)이지만 본문에서는 무리하게 기존 자료를 변형하지 않기 위해서 Pa, Torr, mbar 등의 단위를 혼용해서 사용했습니다.

정리를 하고 보니 아쉽고 부족한 점이 많이 보이지만 진공 전문교육을 체계적으로 받기 어려운 현실에서 이공계 대학 및 대학원생 그리고 진공응용산업에서 장치를 운영하는 현장의 기술자나 연구자들이 진공측정기술을 이해하고 응용하는 데 도움이 되기를 기대합니다.

Q&A 사례의 답변 작성에 도움을 주시고 연구를 함께했던 성대진 박사님, 임종연 박사님, 임인태 님, 김진태 박사님, 김정형 박사님, 윤주영 박사님, 강상우 박사님, 유신재 박사님 등 진공센터 동료 연구원들과 주장현 박사님, 인상열 박사님에게도 감사드립니다. 끝으로 진공기술 분야의 연구에 몰두하도록 배려해주신 표준가족 여러분과 이 책이 출판되기까지 애써주신 청문각출판사에 감사드립니다.

2010년 10월

지은이 대표 **홍승수**

E-mail : sshong@kriss.re.kr



■ 목차

Chapter 01

진공측정 개요 / 1

1. 진공 일반	1
2. 기체의 일반적 성질	2
3. 기체에 대한 압력의 영향	3
4. 기체에 대한 온도의 영향	4
5. 진공상태의 기체 조성	5
6. 단위	6
7. 토리첼리 진공	7
8. 진공의 정도	8
9. 기체의 평균자유거리	8
10. 누센수	9
11. 압력의 종류	10
12. 이상기체방정식	11
13. 기체의 분자량	12
14. 진공기술의 발전	13

Chapter 02

진공 게이지의 분류 / 15

1. 개발기술 요약	15
2. 측정방법에 의한 분류	16
3. 측정범위에 의한 분류	18
4. 특성에 의한 분류	18

Chapter03

액주형 압력계 / 21

- 1. U-관 압력계 21
- 2. 맥레오드 게이지 23
 - 2.1 제곱눈금 25
 - 2.2 선형눈금 26
- 3. 초음파간섭 및 광간섭 수은주 압력계 27

Chapter04

기계식 및 방전관 게이지 / 29

- 1. 부르돈관 게이지 29
- 2. 공진형 실리콘 게이지 30
 - 2.1 원리 30
 - 2.2 특성 31
- 3. 방전관 게이지 33
- 4. 압전 게이지 34

Chapter05

용량형 격막 게이지 / 37

- 1. 원리 37
- 2. 특성 41
 - 2.1 절대압 게이지 및 차압 게이지 41
 - 2.2 센서의 구성 및 재료 42
 - 2.3 과압의 영향 43
 - 2.4 열천이 효과 43
 - 2.5 교정 46

Chapter06

열전도형 게이지 / 49

- 1. 개요 49
 - 2.1 원리 49
 - 2.2 열손실 전달현상 51

2. 종류	52
2.1 피라니 게이지	52
2.2 열전대 게이지	54
2.3 컨벡션 게이지	55
3. 특성	56
3.1 직선성 및 기체감도	56
3.2 압력측정 범위	57

Chapter 07

열음극 이온 게이지 / 59

1. 원리	59
2. 종류	61
2.1 3극관형 게이지	61
2.2 베이어드-앨퍼트 게이지	63
2.3 Extractor 게이지	66
2.4 Stabil-ion 게이지	68
2.5 Micro-ion 게이지	70
2.6 AxTRAN 게이지	71
2.7 누드 게이지	73
3. 특성	74
3.1 필라멘트	74
3.2 감도	75
3.3 탈기체	76
3.4 X-선 효과	77
3.5 ESD 효과	78
3.6 기체 방출	79
3.7 게이지 배기	80

Chapter 08

냉음극 이온 게이지 / 81

1. 원리	81
2. 종류	82
2.1 페닝 게이지	82
2.2 마그네트론 게이지	83
2.3 역 마그네트론 게이지	84
3. 특성	86

1. 원리	87
2. 특성	89
2.1 헤드의 구조	89
2.2 Offset의 측정	90
2.3 적응계수의 장기안정성	91
2.4 압력구간별 적응계수	92
2.5 온도별 적응계수	92
2.6 최대도달압력 특성	93
2.7 신호분산 특성	94

1. 진공 표준	95
1.1 초음파간섭 수은주 압력계	96
1.1.1 개요	96
1.1.2 초음파 간섭원리	98
1.1.3 UIM 구성	100
1.2 정적법 중진공 표준기	102
1.2.1 원리	102
1.2.2 장치 구성	104
1.3 정압법 고진공 및 초고진공 표준기	106
1.3.1 원리	106
1.3.2 장치 구성	107
1.3.3 Porous plug 콘덕턴스 측정	108
1.4 불확도 평가	109
1.4.1 A형 불확도	110
1.4.2 B형 불확도	110
1.4.3 지시계 불확도	111
1.4.4 합성표준 불확도	111
1.4.5 확장 불확도	111
1.5 국제비교 및 상호비교	113
1.5.1 개요	113
1.5.2 저진공 및 고진공 KC	114

1.5.3 UIM 및 정적법 표준기 상호비교	115
2. 측정기술	117
2.1 개요	117
2.2 동적 교정장치 기체흐름	118
2.3 오리피스 구조 및 콘덕턴스	119
2.4 동적 교정장치 국제규격	121
2.5 산업체 보급용 교정장치	121
2.6 교정분류 요약	122
3. 소급성 및 인증제도	123
4. ISO TC 112 활동	124
4.1 진공기술위원회	124
4.2 한국의 활동	126

Chapter 11

부분압 측정 / 129

1. 개요	129
2. 이온 생성기	130
2.1 열린 이온 생성기	131
2.2 닫힌 이온 생성기	132
2.3 분자빔 이온 생성기	133
3. 질량분석기	134
3.1 사중극 질량분석기	135
3.2 비행시간법 질량분석기	137
3.3 자장형 질량분석기	139
4. 이온 검출기	141
4.1 페러데이컵	141
4.2 2차전자 증배관	142
5. 잔류기체 스펙트럼 해석	143

Chapter 12

질량유량계 / 147

1. 개요	147
2. 구조	148

1. 개요	151
1.1 리크	151
1.2 리크의 특성	153
1.3 리크 방지를 위한 진공장치 설계제작 시 고려사항	154
1.4 도달압력과 리크의 연관성	155
2. 리크 검출 기술	156
2.1 리크의 분류 및 검출방법	156
2.2 가상 리크 및 실제 리크	157
2.3 기포검사법	159
2.4 진공 게이지 이용법	160
2.5 RGA 스펙트럼 분석법	161
2.6 흡입탐침법	161
2.7 헬륨분사법	162
3. 헬륨 리크 검출기	163
3.1 개요	163
3.2 튜닝과 교정	164
4. 교정 리크	164
4.1 개요	164
4.2 절대교정	166
4.3 비교교정	167

부록 1 Q & A 100	171
부록 2 진공 용어	203
부록 3 진공 기호	229
부록 4 압력단위 환산표	235
부록 5 유량단위 환산표	236
부록 6 플렌지 규격 비교	237
부록 7 고도와 압력	237
부록 8 고도와 기체 조성	238
부록 9 한국진공연구조합 회원사	239
참고문헌	247
찾아보기	251

진공측정핸드북

값 15,000 원

제 1 판 1쇄 2010 년 11 월 9 일 인쇄
제 1 판 1쇄 2010 년 11 월 15 일 발행

인 지
생 략

著 者 홍승수 · 신용현 · 정광화
發行人 金 洪 錫
發行處 淸 文 閣

경기도 파주시 교하읍 문발리 파주출판도시 513-7
(등록1975. 05. 21. 제406-2005-000049호)
Tel. 031) 955-1451 ~ 7 Fax. 031) 955-1458
Homepage : <http://www.cmgpg.com>
Email : cmgbook@cmgbook.co.kr

* 무단 복사·복제를 금하며, 잘못된 책은 바꾸어 드립니다.
ISBN : 978-89-6364-072-3

구입 방법

대량: 청문각 출판사

<http://cmgpg.com>

소량: 대형서점 혹은 인터넷 서점