


플라즈마 물성 데이터에 대한 세부평가기준
Guideline for detailed evaluation of plasma properties data

국 가 참 조 표 준 센 터


National Center for Standard Reference Data

 국가참조표준센터	플라즈마물성참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2006. 12. 26
		쪽	1 / 8

목 차

1 적 용 범 위	-----	2 / 8
2 인 용 자 료	-----	2 / 8
3 용 어 정 의	-----	2 / 8
4 평 가 기 준	-----	

제 · 개정 이력부				
관련조항	개정번호	제정일자	제 · 개정 내용	
	0	2006. 12.26	- 플라즈마 물성 데이터의 세부 평가 절차 및 기준 제정 전자충돌에 의한 수소분자 산란단면적 플라즈마 소스용 기초가스 플라즈마 소스용 발생용가스 플라즈마 에칭 공정용가스 반도체 막 형성용 가스 플라즈마 공정용 혼합가스 반도체 웨이퍼 에칭공정용가스	
	1	2007. 2. 12	ISO 9001 인증취득 현장심사 결과에 따라 개정 (1차·2차 데이터 평가서 양식 구분하여 첨부)	
결재	구 분	작 성	검 토	승 인
	직 책	선임연구원	선임연구원	책임연구원
	성 명	이성호	송미영	윤정식
	서 명			
	일 자			

 NCSRD 국가참조표준센터	플라즈마물성참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2006. 12. 26
		쪽	2 / 8

1.0 적용범위

본 장은 원시논문으로부터 얻은 데이터의 평가 절차의 파악과 문서화에 관련된 사항에 적용한다.

2.0 목 적

플라즈마 물성 데이터를 평가하는 업무의 품질 보증에 필요한 수집절차의 문서화 및 이행에 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

3.0 평가절차

3.1 기술책임자는 참조데이터 평가를 위하여 15인 이상의 기술위원을 선정 운영한다.

3.2 기술위원회 자격요건은 직무기술서의 데이터평가업무에 자세히 기술되어 있다.

3.2 기술위원은 1년에 4번 소집되어 플라즈마 물성 데이터센터에서 상정한 평가 항목에 대한 유효성 확인 및 평가 절차에 대한 유효성을 확인 보완한다.

3.3 참조표준 센터장은 1년에 4번 데이터센터에서 평가한 평가서를 기술위원회에 상정하여 평가의 유효성을 확인한다.

4.0 플라즈마 물성 참조데이터 평가기준


4.1 3대 평가 기준

4.1.1 데이터 생산 방법에 대한 설명은 자세히 기술되어야 한다.

4.1.2 데이터는 이미 알려진 물리법칙에 위배되지 않아야 한다.

4.1.3 같은 현상에 관한 데이터는 일관성이 보장 되어야 한다.

4.2 세부 평가 기준

 국가참조표준센터	플라즈마물성참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2006. 12. 26
		쪽	3 / 8

4.2.1 데이터의 규격

- (1) 실험에 대상이 되는 데이터와의 부합여부를 판별 한다
- (2) 실험 대상 데이터가 아닐 경우 기각한다

4.2.2 데이터 생산 방법의 명시

- (1) 실험에 대상이 되는 데이터의 소급성을 판별
- (2) 측정 실험을 통한 데이터는 실험방법에 대한 설명이 기술되어야 한다.
- (3) 이론 계산을 통한 데이터는 적용한 이론에 대한 설명이 기술 되어야 한다.
- (4) 데이터의 생산 방법이 명시되어있지 않을 경우 일반데이터로 분류 한다.

4.2.3 데이터의 적절성

- (1) 실험에 대상이 되는 데이터의 불확도 및 소급성 유지 정도를 판별
- (2) 시험법, 적용 방법의 적절성 및 한계에 대한 설명이 기술 되어야 한다.
- (3) 시험방법에서 결과에 영향을 줄 수 있는 변수의 적절한 제어여부가 기술 되어야 한다.
- (4) 데이터의 오차율 및 정확도 등의 제시 근거가 기술 되어야 한다.
- (5) 데이터의 적절성이 만족하지 않을 경우 연구데이터로 분류한다.


4.2.4 재현 가능성

- (1) 대상이 되는 데이터에서 제시한 실험 방법과 절차에 따라 제 3자에 의해 실험 방법의 재현성을 판별
- (2) 시험방법의 시기, 소급성 유지 등에 관한 내용이 기술되어 있어야 한다.
- (3) 재현 가능성이 확보되지 않은 데이터는 평가불능데이터로 분류 한다.

4.2.5 일관성

- (1) 실험에 대상이 되는 데이터의 일관성을 판별
- (2) 같은 물성에 관한 실험/이론, 실험/실험, 그리고 이론/이론 데이터 간의 일관성을 평가한다.
- (3) 실험에 대상이 되는 데이터는 이미 알려진 법칙과 이론에 위배되지 않아야 한다.
- (4) 일관성이 확보되지 않은 데이터는 유효데이터로 분류한다.

4.2.5 예측가능성

 국가참조표준센터	플라즈마물성참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2006. 12. 26
		쪽	4 / 8

- (1) 실험에 대상이 되는 데이터의 예측 가능성을 판별
- (2) 이미 알려진 연관식과 이론 모델링을 통하여 데이터의 예측 가능성을 검증할 수 있어야 한다.
- (3) 예측가능성이 확보되지 않은 데이터는 검증데이터로 분류 한다.

4.2.6 전문가 평가

- (1) 실험에 대상이 되는 데이터의 최종적인 승인 단계.
- (2) 쟁점 현안에 대해 전문 평가자에 의해 최종적으로 승인 되어야 한다.
- (3) 전문가의 평가가 이루어지지 않은 데이터는 검증데이터로 분류한다.

5.0 플라즈마 물성 참조데이터 평가요소

5.1 데이터 생산에 사용된 방법의 명시

5.1.1 데이터 생산에 사용된 실험 및 이론 방법의 명시

- (1) 실험 조건 및 사용된 장비에 대한 자세한 설명
- (2) 실험 및 결과의 오차
- (3) 사용한 이론의 배경 및 장, 단점의 명시

5.1.2 문헌에 표기된 정확도를 기준으로 데이터의 신뢰도 보장 가능성 여부

5.1.2.1 물성 데이터는 물리현상에 위배되지 않아야 함

5.1.2.2 원자 및 분자의 물리적 현상을 바탕으로 데이터 평가가 가능해야함


- (1) 재현 가능성 여부를 판단함

5.1.3 같은 물리현상에 관한 실험 및 이론 데이터를 서로 비교하여 유효성을 검증한다

5.1.3.1 데이터 평가시 실험데이터를 우선으로 하되, 경우에 따라 심도있게 고려된 이론에 의한 데이터는 실험데이터의 정확성을 확인하는데 사용한다.

5.1.3.2 동일한 실험이 적용된 동일한 물성 데이터가 1 standard deviation내에서 일치 하는지 확인한다.

- (1) 실험데이터는 문헌에 표기된 정확도를 기준으로 신뢰도를 평가한다

 국가참조표준센터	플라즈마물성참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2006. 12. 26
		쪽	5 / 8

- (2) 동일한 물성데이터를 서로 다른 측정 방법으로 측정한 데이터와 비교하여 그 일관성을 평가 한다
- (3) 평가 시 데이터간의 서로 다른 경향을 보이는 이유를 분석한다

5.1.3.3 동일한 이론이 적용된 동일한 물성 데이터가 1 standard deviation내에서 일치 하는지 확인한다.

- (1) 이론데이터는 문헌에 표기된 정확도를 기준으로 신뢰도를 평가한다
- (2) 동일한 물성데이터를 서로 다른 이론 방법으로 계산한 데이터와 비교하여 그 일관성을 평가 한다
- (3) 평가시 데이터간의 서로 다른 경향을 보이는 이유를 분석한다

5.1.4 각 원자 및 분자의 특성과 충돌 특성에 따라 평가 및 유효성 확인을 위한 평가 요소는 추가될 수 있다.

6.0 플라즈마 물성 참조데이터 불확도 산정 절차

6.1 간접 생산 참조 표준의 불확도 산정

6.1.1 간접 데이터 평가에 의해서 해당 현상을 가장 잘 표현 하는 한 실험 데이터를 참조 표준으로 등급 부여 할 경우(Beat value method).

--해당 저자가 제시한 불확도 제시

6.1.2 간접 데이터 평가에 의해서 불확도 내에서 일치하는 여러 편의 데이터들을 통해 하나의 데이터를 생산하여 등급 부여하는 경우

(1) 결정분지도 방법 (Decision Tree Method)

- 데이터 평가 항목과 평가 요소에 따라 수집된 데이터를 평가하는 방법
- 플라즈마 물성분야에서 데이터를 평가하는 기본적인 방법으로 평가 요소 및 평가항목의 불확도에 따라 요소별 그리고 항목별 세분화된 결정분지도를 활용하고 있음
- 세분화된 평가를 위하여 "Bayesian" 통계 방법을 활용한 "Bayesian Graphic Model"을 사용

(2) Bayesian 데이터 분석법

- 확률모형을 만드는 주된 목적은 어떤 실험이 실시되었을 때, 사상(event) A가 일어날 가능성의 정도를 결정하는 것임

플라즈마물성참조표준	문서번호	
	제정번호	
세부평가절차 및 기준	제정일자	2006. 12. 26
	쪽	6 / 8

○ 그러나 A에 대응되는 확률이 다른 사상(event) B의 발생여부에 따라

영향을 받게 되는 경우가 많이 있다. 이런 경우에 B가 주어졌을 때 A의 조건부 확률(conditional probability)이란 용어를 사용하여 $P(A|B)$ 와 같은 확률 함수로 표현한다.

○ 이런 조건부 확률은 합의법칙 (sum rule) 과 곱의법칙 (product rule) 을 만족시킨다.

● Bayesian theorem

$$P(A|B, C) = \frac{P(B|A, C) \times P(A|C)}{P(B|C)}$$

Probability Theory Axioms :

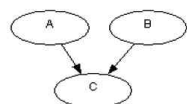
● $P(A|B) + P(\bar{A}|B) = 1$: sum rule

$\Rightarrow P(A|C) = P(A, B|C) + P(A, \bar{B}|C)$: marginalization rule

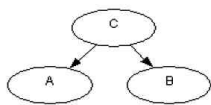
● $P(A, B|C) = P(A|B, C) \times P(B|C) = P(B|A, C) \times P(A|C)$: product rule

○ 이를 통하여 얻어지는 Bayesian 확률이론은 다음과 같다.

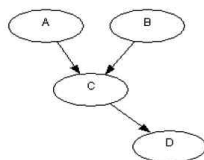
○ 이러한 Bayesian 확률이론을 활용하여 통계적인 문제를 도형화하여 나타낼 수 있는 방법을 Bayesian Graphic Model 방법 이라고 한다.



↔ $p(a, b, c) = p(c | a, b) p(a) p(b)$




↔ $p(a, b, c) = p(a | c) p(b | c) p(c)$



↔ $p(a, b, c) = p(d | c) p(c | a, b) \times p(a) p(b)$

(3) 실험을 통한 데이터 검증

○ 플라즈마 물성의 다양한 종류 때문에 모든 데이터를 실험적으로 검증하는 것은 불가능함

 국가참조표준센터	플라즈마물성참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2006. 12. 26
		쪽	7 / 8

- Total cross section 데이터의 경우, 비교적 정확하게 확립된 실험 방법으로 인해 데이터의 재현성(Reproducibility)이 보장된 방법으로 Total cross section은 다음과 같이 나타낸다.

$$\sigma_{\text{tot}} = \sigma_{\text{elas}} + \sigma_{\text{ion}}(\text{total}) + \sigma_{\text{diss}} + \sum \sigma_{\text{exec}}$$

- 따라서 실험을 통한 Total cross section (σ_{total})의 측정으로 다른 산란단면적 값들의 일관성(Consistency)을 검증한다.

(4) 통계적 방법

$x_1, x_2, x_3 \dots x_n$, (n 개의 서로 독립적인 실험 데이터)

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \text{ (평균값)}$$

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \text{ (표준편차)}$$

$$s_p^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^n v_i s_i^2}{\sum_{i=1}^n v_i} \text{ (합동실험표준편차, } v_i \text{ : 자유도)}$$

$$u_s = \frac{a}{\sqrt{3}}, \text{ (직사각형분포를 갖는 데이터 - 계통효과)}$$

$$u_m = \sqrt{\frac{s_p^2(x)}{n} + u_s^2}, \text{ (합성 표준불확도)}$$

$$U = k \times u_m \text{ (확장불확도)}$$




 국가참조표준센터	플라즈마물성참조표준	문서번호	
		제정번호	
	세부평가절차 및 기준	제정일자	2006. 12. 26
		쪽	8 / 8

표 1. 평가서 예시

 Data Center for Plasma Properties	데이터 평가서		문서번호	DE2-
	평가대상논문 : <u>IJMS_280_101_2009</u>		작성일자	
작성자	한선민	email	smhan87@nfri.re.kr	
평가대상 논문 정보	제목 : Electron impact ionization of the $SiCl_3$ radical			
	저자 : M. Gutkin, J.M. Mahoney, V. Tarnovsky, H.Deutsch, K. Becker			
	출처 : International Journal of Mass Spectrometry, Vol.280, p.101-106, 2009			
평가자	평가자명/서명	송 미 영 (서명)	평가일	
측정대상	<input checked="" type="checkbox"/> 적절 <input type="checkbox"/> 부적절			
	데이터구분	cross section		
	프로세스	Total ionization		
	반응식	$e + SiCl_3 \rightarrow$		
	단위	eV, $10^{-20}m^2$		
측정방법	<input checked="" type="checkbox"/> 적절 <input type="checkbox"/> 부적절			
	검증구분	실험		
	측정방식	fast neutral beam technique (modified fast beam apparatus)		
	실험 근거	참고 문헌으로 제시		
정확도	<input checked="" type="checkbox"/> 적절 <input type="checkbox"/> 부적절			
	한계	잘 정의된 Ar or Kr Ionization cross section 필요		
	실험변수	electron current		
	불확도	15%		
재현성	<input checked="" type="checkbox"/> 적절 <input type="checkbox"/> 부적절			
	데이터 분석	absolute cross section, Ion trajectory simulation 활용		
일관성	<input checked="" type="checkbox"/> 적절 <input type="checkbox"/> 부적절			
	간접평가			
	직접평가	기존 장치를 개선하여 성능 향상, 이론 결과 비교		
1차 평가 내용	상위의 평가절차에 따라 참조표준을 위한 데이터로 활용 가능			
1차 평가 결과	유효한 데이터			
 Data Center for Plasma Properties		전라북도 군산시 오석도동 814-2번지 NFRI 플라즈마기술연구센터 플라즈마 물성 데이터센터 T. 063) 440-4210		