

플라스틱 BGA 패키지의 아르곤 가스 플라즈마 처리 효과

Effect of Ar Gas Plasma Treatment of Plastic Ball Grid Array Package

신영의*, 김 경 섭**

(Young-Eui Shin*, Kyung-Seob Kim**)

Abstract

Reliability of PBGA(plastic ball grid array) package is weak compared with normal plastic packages. The low reliability is caused by low resistance to the popcorn cracking, which is generated by moisture absorption in PCB(printed circuit board). In this paper, plasma treatment process was used and we analyzed its effects to interface adhesion. The contents of C and Cl decrease after plasma treatment but those of O, Ca, N relatively increase. The plasma treatment improves the adhesion between EMC(epoxy molding compound) and PCB(solder mask). The grade of improvement was over 100% Max., which depends on the properties of EMC. The RMS(root mean square) roughness value of the solder mask surface increases to plasma treatment. There is little difference of adhesion in RF power and treatment time.

Key Words(중요용어) : Plasma(플라즈마), PBGA, Solder mask(솔더 마스크), Adhesion(접착력), Roughness(거칠기)

1. 서 론

실장 칩 수의 증가에 따라 외부 회로 기판과 입출력 단자 증가를 수용할 수 있는 패키징 방법으로 BGA(ball grid array) 방법이 요구되고 있다. BGA 계열의 패키지는 현재 가장 범용적으로 BT(bismaleimide triazine) 기판에 리드 설계를 하고 그 위에 다이 부착과 와이어 접속을 한 후 에폭시 몰딩 컴파운드(epoxy molding compound, EMC)를 한 면으로 봉지(encapsulation)하고 안쪽 면에는 공 형태의 납(solder ball, 공납)을 에리어 어레이(area array) 모양으로 배치한 것이다. 일반적으로 플라스

틱 BGA 라고도 불리며, ASIC, 휴대용 전화기, 휴대용 컴퓨터, 노트북 컴퓨터 등 소형화로 고밀도 실장이 필요한 각종 기기에 광범위하게 사용되고 있다. 현재 모든 IC(integrated circuit) 가운데 BGA의 비율은 10% 정도이지만 게이트 어레이(gate array)에 있어서 BGA 비율은 50%가 되며, 현재 주류가 되고 있는 QFP(quad flat package)를 상회할 정도로 급격한 성장을 보이고 있다. PBGA 계열의 성장은 종래 패키지와 같은 신뢰성을 가지면서 공납에 의해 신호가 전달되어 기생적인 인덕턴스, 캐패시턴스에 의한 잡음에 강하다. 특히 견고한 공납으로 인해 외부 충격에 의한 변형이 작고, 공납의 높은 열전도도로 인해 열적인 면에서도 우수한 특성을 보이는 이점이 있기 때문이다¹⁾. 이러한 이점들에 비해서 상대적으로 해결해야할 문제점도 가지고 있다. 특히 수분의 흡수로 인한 계면사이의 박리로 팝콘(popcorn) 균열에 대한 저항성이 열악하다는 점과 과도한 패키지 휨(warpage)^{2~6)}, 솔더 접합부의 검사문제 등을

* 중앙대학교 기계공학부

** 여주대학 전자과

서울특별시 동작구 흑석동 221, Fax: 02-820-5315,
E-mail: shinyoun@ms.cau.ac.kr

2000년 4월 18일 접수, 2000년 8월 25일 심사완료

들 수 있다⁷⁾. 최근에는 패키지의 계면(메탈과 폴리머, 폴리머와 폴리머) 접착력을 향상시키기 위해서 플라즈마 처리 공정을 도입하고 있으나⁸⁻¹⁰⁾, 이들에 대한 종합적인 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 PBGA 패키지 조립 과정에 아르곤 가스를 사용하는 플라즈마 처리 공정과 처리 조건들을 변화시켜서 계면간의 접착강도에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 플라즈마 처리에 의한 패키지의 장기 신뢰성에 대해서 SAT(scanning acoustic tomography)로 관찰하였다.

2. 실험 방법

실험에서 적용된 PBGA의 조립 과정을 그림 1에 나타내었다. 다이 부착 전에 BT 기판의 초기 수분을 제거하기 위해서 125°C 에서 5시간 동안 프리 베이크 과정을 수행하였다. 아르곤 플라즈마 처리는 다이 부착과 몰드 과정 전에 행하였다. 실험에 사용된 패키지는 119/196 PBGA이며, 패키지의 외관 치수는 22×14/15×15 mm이고, BT 기판 두께는 0.56 mm이고, 공납 피치는 1.27/1.00 mm이다. 플라즈마 처리 전·후에 표면의 거칠기 변화를 분석하기 위해서 기판의 솔더 마스크 영역을 AFM(atomic force microscopy)을 이용하여 관찰하였다. 플라즈마 처리 후 접촉각(contact angle)과 젖음 지속성을 분석하기 위해서 플라즈마 처리된 기판의 솔더 마스크 표면과 구리 리드 프레임 패드 위에 물방울을 떨어뜨려서 접촉각을 측정하였다. 접촉각 측정은 전자 패키징에서 계면의 접착력과 표면 청결도를 간접적으로 측정하는 방법으로 널리 사용되고 있다^{10,12)}. 액체 방울의 젖음 거동은 표면에너지의 크기에 의해서 결정된다. 접착강도 실험은 EMC를 기판 위에 형성시킨 후 마이크로 테스터를 이용하여 전단강도를 측정하였다. 또한 몰드 공정에서 플라즈마 처리 조건들을 변화시켜서 계면간의 전단강도에 미치는 영향에 대해서 실험하였다.

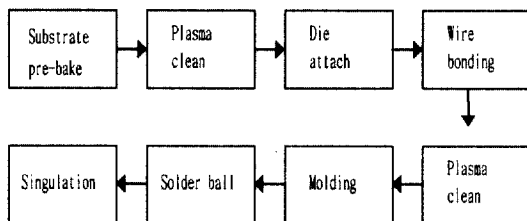


그림 1. BGA 패키지의 조립 공정

Fig. 1. Assembly process flow for BGA package

실험에서 플라즈마 처리는 13.56 MHz의 RF 제너레이터로 발생되는 PX-1000(March Co.) 장비를 사용하여 행하였다. 플라즈마 처리는 RF power: 300±10 watt, 시간: 300±10 sec, 압력: 100±20 torr, 유량: 300±10 sccm의 조건에서 아르곤과 아르곤 혼합가스 중에서 행하였다. 아르곤 혼합가스는 아르곤과 수소의 비율을 200:100 sccm으로 구성하였다. 시료의 표면 조성 및 화학적 결합상태의 분석은 XPS(X-ray photoelectron spectroscopy)로 수행하였다. 에너지원으로는 250 watt의 Mg K α (1253.5 eV) 방사를 사용하였다. 시료의 표면 조성 분석을 위한 wide scan 분석은 pass 에너지(Ep)를 100 eV로 수행하였다. 이러한 분석을 토대로 BGA 패키지의 장기 신뢰성을 검증하기 위해서 30°C/60% RH(relative humidity) 192시간이 경과한 후에 EMC와 기판 사이의 박리(delamination) 정도를 SAT로 관찰하였다. 패키지를 봉지하는 EMC는 상용화되고 있는 3종류를 적용하였고, 표 1에 EMC의 물성치를 나타내었다. 표 1에서 CTE(coefficient of thermal expansion)는 열팽창계수, T_g(glass transition temperature)는 유리 전이온도이다.

표 1 Epoxy molding compound의 물성치

Table 1 Material properties of epoxy molding compound

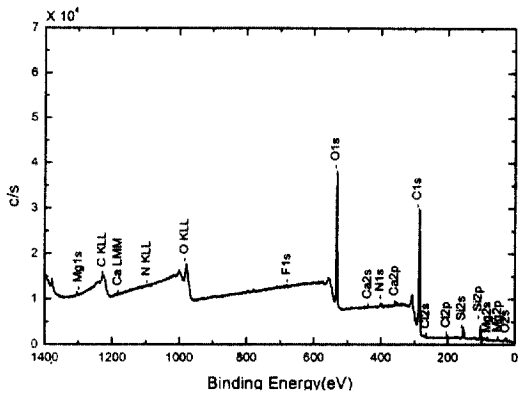
	Modulus (MPa)	Possion's Ratio	CTE (ppm/°C)	Tg (°C)
A	2.70×10 ⁴	0.23	<Tg 9 >Tg 40	110
B	2.30×10 ⁴	0.23	<Tg 9 >Tg 38	100
C	2.34×10 ⁴	0.23	<Tg 7 >Tg 32	125

3. 결과 및 고찰

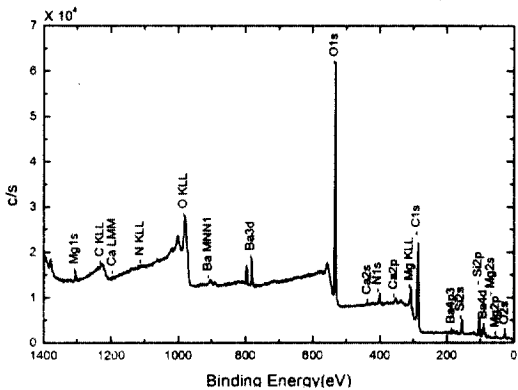
3.1 플라즈마 가스에 의한 영향

다이 부착 과정에서 칩을 BT 기판에 부착하기 전에 플라즈마 처리하면 솔더 마스크(기판)와 에폭시(접착제) 사이의 접착강도와 젖음(wetting) 특성을 향상시킨다⁹⁻¹⁰⁾. 그림 2와 표 2는 기판을 플라즈마

처리하여 솔더 마스크 표면을 XPS로 분석한 결과이다.



(a)



(b)

그림 2 솔더 마스크 표면의 XPS 데이터 (a) No plasma (b) Ar plasma

Fig. 2 XPS data on the solder mask surface (a) No plasma (b) Ar plasma.

플라즈마 처리 후 솔더 마스크 표면에서의 XPS 조성 분석 결과 플라즈마 처리를 하지 않은 시료에서 보다 C, Cl 등의 성분은 감소하는 경향을 보였고, O, Ca, Mg 등의 성분은 증가하는 경향성을 보였다. 하지만 Cl, Ca, Mg 성분의 조성비는 3.50% 미만으로 미소한 양이었고, 결국 계면 접착력에 영향을 미치는 성분은 표면 조성비의 대부분을 차지하며 변화의 정도가 큰 C 와 O 성분으로 판단된다.

즉, energetic species인 아르곤에 의해 이온 충격 (bombardment) 효과 및 O₂ 등의 플라즈마 효과에 의해서 반응성이 강한 CO 등의 휘발성(volatile) 물질이 생성되어 표면에서 탈리되어 진다[11]. 이를 통해 계면 접착력을 저해하였던 C에 의한 유기 (organic) 잔류물 층(residue layer)이 제거되어 계면 접착력이 향상됨을 알 수 있었다. 하지만 플라즈마 처리후에 Ba가 생성된 것은 불분명하다.

기판을 아르곤 가스로 플라즈마 처리한 뒤 솔더 마스크 표면의 거칠기를 AFM으로 분석하였으며, 결과를 그림 3에 나타내었다. 20×20 μm²의 scan area에 대해서 제곱평균 (root mean square, RMS) 거칠기를 측정한 결과 플라즈마 처리를 하지 않은 시료를 보여주는 그림 3(a)에서 48.6 nm, 플라즈마 처리된 시료를 보여주는 그림 3(b)에서는 54.8 nm로 표면 거칠기가 증가하였다. RMS 거칠기의 증가는 솔더 마스크 표면의 표면적을 증가시켜서 솔더 마스크와 EMC 사이의 접착력을 향상시키는 요소로 판단된다. 이것은 보다 많은 표면적이 계면의 접착력이나 기계적인 연결에 유용하기 때문이다[12].

플라즈마 처리 후 접촉각을 측정하였으며, 측정 결과는 그림 4와 같다. 그림 4에서 보는 바와 같이 BT 기판을 플라즈마 처리하면 접촉각은 84°에서 23°로 급격히 감소함을 확인하였다. 대부분의 유기 불순물은 소수성(hydrophobic)의 성질을 가지고 있으며, 플라즈마 처리는 이러한 유기 불순물의 제거로 접촉각을 작아지게 하는 효과를 낸다. 이러한 결과는 다이 부착 과정에서 에폭시의 퍼짐성이

그림 3 솔더 마스크 표면의 AFM 형상 (a) No plasma (b) Ar plasma
 Fig. 3 AFM images on the solder mask surface (a) No plasma (b) Ar plasma.

향상되어 칩과 솔더 마스크 사이의 접착력 증가에 기여하며 계면에서 보이드의 발생을 억제시킨다. 이러한 플라즈마 처리 효과는 15시간 이상 유지됨을 확인하였다.

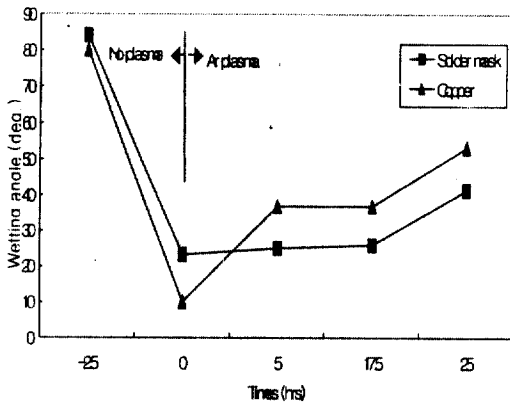


그림 4 시간 변화에 따른 젖음 각도
 Fig. 4 Wetting angle on different time.

3.2 플라즈마 조건에 의한 영향

몰드 과정에서 표 1의 EMC를 적용하여 아르곤 플라즈마 처리 전·후에 EMC와 기판 사이의 전단강도 값을 측정하여 그림 5에 나타내었다(RF power: 300 ± 10 watt, 시간: 300 ± 10 sec, 압력: 100 ± 20 torr, 유량: 300 ± 10 sccm). 그림 5에서 보는 바와 같이 모든 종류의 EMC에서 플라즈마 처리에 따른 전단강도 값의 향상이 있었다. 하지만 EMC의 종류에 따라서 전단강도 값에 차이가 있었으며, EMC C의 경우 47.1 N에서 87.3 N으로 전단강도 값이 2배정도 향상되었다. 이와 같은 결과는 EMC의 물성치와 EMC를 구성하고 있는 조성비의 차이에 의해서 발생하는 것으로 판단된다. 그림 6은 RF power를 변화시켜 전단강도 값을 측정한 결과이다(시간: 300 ± 10 sec, 압력: 100 ± 20 torr, 유량: 300 ± 10 sccm). EMC B에서의 전단강도는 300 watt까지는 103 N 수준이었고, 500 watt에서 98 N으로 감소하는 경향을 보였다. 또한 그림 7에는 RF power: 300 ± 10 watt, 압력: 100 ± 20 torr, 유량: 300 ± 10 sccm의 조건에서 플라즈마 처리 시간이 1분에서 10분까지 변화되면 초기인 1분에서는 112 N이었고, 5분이 경과한 후에는 108 N으로 감소되었다. 이후 처리 시간이 10분이 경과해도 전단강도에는 큰 차이가 없음을 확인하였다. 이와 같은 결과는 플라즈마 처리가 10초 이내의 짧은 시간인 경우에는 계면 접착력에 영향을 미치는 C 성분의 감소가 1% 이내로 작았지만[12], 1분 이상의 시간이 경과하면 플라즈마 효과는 포화(saturation) 단계에 도달하는 것으로 판단된다.

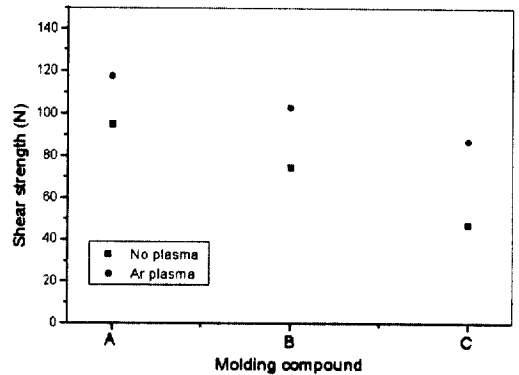


그림 5 플라즈마 처리에 따른 전단강도
 Fig. 5 Shear strength on plasma treatment.

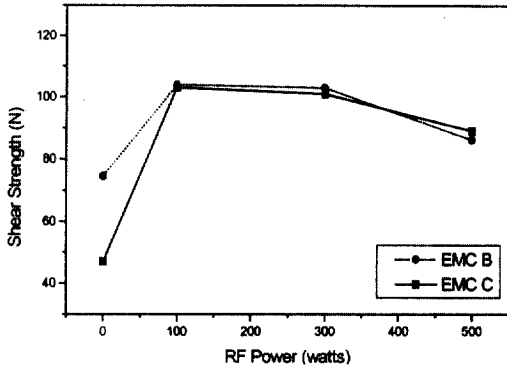


그림 6 RF power에 따른 전단강도
Fig. 6 Shear strength on RF power

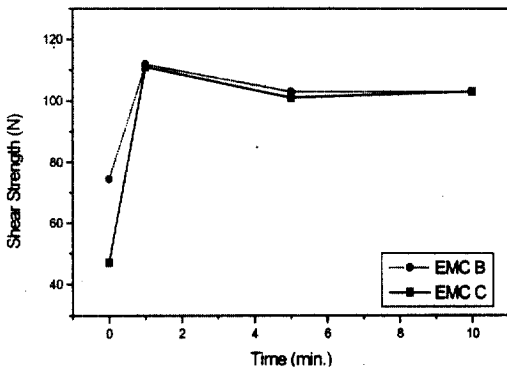


그림 7 처리 시간에 따른 전단강도
Fig. 7 Shear strength on treatment time

통상적으로 생산 현장에서 와이어 접속 후 패키지를 EMC로 몰드하기 까지는 시료의 이동과 준비 과정으로 일정한 시간이 소요된다. 때문에 시료가 플라즈마 처리된 후 처리 효과가 지속되는 시간이 중요한 요소이다. 플라즈마 처리의 지속성을 분석하기 위해서 다이 부착과 와이어 접속이 완료된 시료를 플라즈마 처리하여 초기, 6시간, 18시간 동안 상온에 방치한 뒤 몰드 작업을 행하여 전단강도를 측정하였으며, 결과를 그림 8에 나타내었다. 최초 플라즈마 처리 후 6시간을 방치한 뒤 측정된 결과 전단강도 값이 약간 증가하였다. 그러나 18시간이 경과한 EMC B에서는 전단강도 값의 변화가 없었으며,

EMC C에서는 약간 감소함을 확인하였다. 따라서 10시간 이상 플라즈마 처리 효과가 유지되는 것으로 판단되나 플라즈마 효과를 극대화하기 위해서는 가급적 빠른 시간 내에 후속 과정인 몰드 작업이 필요 하리라 생각된다.

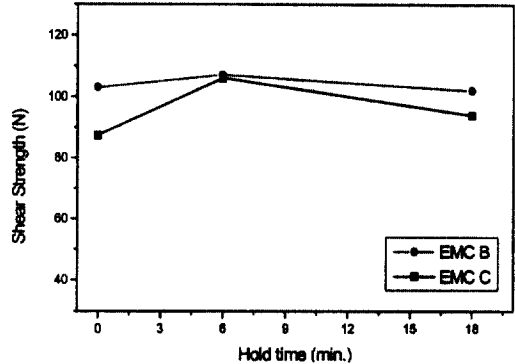


그림 8 방치 시간에 따른 전단강도
Fig. 8 Shear strength on hold time

3.3 패키지 신뢰성 평가

파면의 형상으로부터 재질 사이의 접착력을 간접적으로 예측할 수 있다. 그림 1의 PBGA 조립공정으로 시료를 제작하여 EMC와 기판의 경계부분을 강제적으로 분리시킨 뒤 파면을 관찰하였다. 플라즈마 처리를 하지 않은 시료에서는 에폭시와 솔더 마스크 부분이 관찰되는 계면 파단이고, 플라즈마 처리된 시료에서는 유리섬유와 레진, 구리 패턴이 관찰되는 레진 파단으로 사료된다. 또한 패키지 장기 신뢰성을 검증하기 위해서 30℃/60% RH 분위기 중에서 192시간이 경과한 후에 EMC와 기판 사이의 박리 정도를 SAT로 관찰하여 그림 9에 나타내었다. 플라즈마 처리를 하지 않은 시료에서는 좌측 하단의 몰드 게이트와 계면 부분에서 많은 박리가 발생되었다. 이러한 박리의 원인은 표면 오염에 의해서 계면 접착력이 떨어지고, 몰드 게이트 부분이 EMC와 접착력이 낮은 금으로 형성되어 있기 때문이다. 그러나 플라즈마 처리된 시료에서는 약간의 부분에서 박리가 발견되었다. 이와 같은 결과는 플라즈마 처리로 인하여 EMC와 솔더 마스크 사이의 접착력이 향상되었기 때문으로 판단된다.

다. 이를 통해 계면 접착력을 저해하였던 C에 의한 유기 잔류물 층이 제거되어 계면 접착력이 향상됨을 알 수 있었다.

- 2) AFM 분석 결과 RMS 거칠기 값이 48.6 nm에서 54.8 nm로 증가하여, 솔더 마스크와 EMC 사이의 접착력을 향상시키는 요소로 판단된다.
- 3) 다이 부착전에 행하는 플라즈마 처리는 에폭시의 젖음 특성을 향상시킨다. 또한 보이드의 발생 억제와 계면 접착력 향상에 기여하며, 젖음 특성은 15시간 이상 유지됨을 확인하였다.
- 4) 플라즈마 처리는 패키지 구성재료간의 접착강도를 증대시켜서 패키지 신뢰성을 향상시킨다.

감사의 글

이 논문은 2000년도 중앙대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

참 고 문 헌

- [1] J.H. Lau, "Ball Grid Array Technology", McGraw-Hill, Inc., 1995.
- [2] R. L. Shook, T. R. Conrad, "Diffusion Model to Derate Moisture Sensitive Surface Mount ICs for Factory use Conditions, Proc. Elec. Comp. & Tech. Conf., pp. 440-449, 1995.
- [3] P. McCluskey, R. Munamarty, "Popcorning in PBGA Package During IR Reflow Soldering, IEPS Conference, pp. 271-281, 1996.
- [4] J. E. Galloway, B. M. Miles, "Moisture Absorption and Desorption Predictions for Plastic Ball Grid Array Packages" IEEE Transaction on Components, Packaging, and Manufacturing Technology, pp. 274-279, 1997.
- [5] S. Yuko, Y. Akihiko, "The Reliability of Plastic Ball Grid Array", IEMT/IMC Proceedings, pp. 35-39, 1998.
- [6] W. L. Yang, "The Effects of Epoxy Molding Composition on the Warpage and Popcorn Resistance of PBGA", Elec. Comp., and Tech., pp. 721-726, 1999.
- [7] "표면실장기술 동향", The Electronic Parts & Components Monthly, pp. 42-46, 1999.
- [8] J. H. Hsieh, L. H. Fong, "Plasma Cleaning of Copper Leadframe with Ar and Ar/H₂ Gases", Surface and Coatings Technology,

그림 9 30°C/60% RH 조건에서 192hrs후의 SAT 사진 (a) No plasma (b) Ar plasma

Fig. 9 Photographs of SAT after 192hrs at 30°C /60% RH condition (a) No plasma (b) Ar plasma

4. 결 론

본 연구에서는 PBGA 조립 과정에 플라즈마 처리 공정과 처리조건들을 변화시켜서 전단강도 변화와 패키지의 신뢰성에 대해서 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 플라즈마 처리에서 계면 접착력에 영향을 미치는 성분은 C 와 O로 판단된다. 즉, energetic species인 아르곤에 의해 이온 충격 효과 및 O₂, 등의 플라즈마 효과에 의해서 반응성이 강한 휘발성 물질이 생성되어 표면에서 탈리되어 진

pp. 245-249, 1999.

- [9] D. S. Chun, D. A. Doane, "Reduction of Pop-corning in BGAs by Plasma Cleaning", In Proceedings of the 2nd Pan Pacific Micro-electronics Symposium, pp. 247-251, 1997.
- [10] R. D. Rust, D. A. Doane, "Improvements in Wire Bonding and Solderability of Surface Mount Components Using Plasma Cleaning Techniques, IEEE Trans. Comp., Hybrids, Manufact. Tech., pp. 573-579, 1991.
- [11] David R. Lide, "CRC Handbook of Chemistry and Physics", CRC Press, (1996), pp.9~52
- [12] C. Lee, K. Nyunt, "Plasma Cleaning of Plastic Ball Grid Array Package", Micro-electronics Reliability, pp. 97-105, 1999.