



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년03월07일
 (11) 등록번호 10-1240148
 (24) 등록일자 2013년02월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 C23C 14/06 (2006.01) C23C 14/00 (2006.01)
 C23C 28/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2006-7011715
 (22) 출원일자(국제) 2005년09월09일
 심사청구일자 2010년06월30일
 (85) 번역문제출일자 2006년06월14일
 (65) 공개번호 10-2007-0050862
 (43) 공개일자 2007년05월16일
 (86) 국제출원번호 PCT/SE2005/001310
 (87) 국제공개번호 WO 2006/041366
 국제공개일자 2006년04월20일
 (30) 우선권주장
 04021/80-4 2004년09월10일 스웨덴(SE)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP08127863 A*
 US06103357 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 산드빅 인터렉츄얼 프로퍼티 에이비
 스웨덴 에스-811 81 산드비켄
 (72) 발명자
 아스트란드 마리아
 스웨덴 에스-191 34 솔렌투나 퇴나베엔 46 비
 셸린데르 토르비에른
 스웨덴 에스-117 61 스톡홀름 카트리네베리스바켄 18
 시에스트란드 마트스
 스웨덴 에스-164 42 키스타 퀴펜함스가탄 26
 (74) 대리인
 특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 13 항

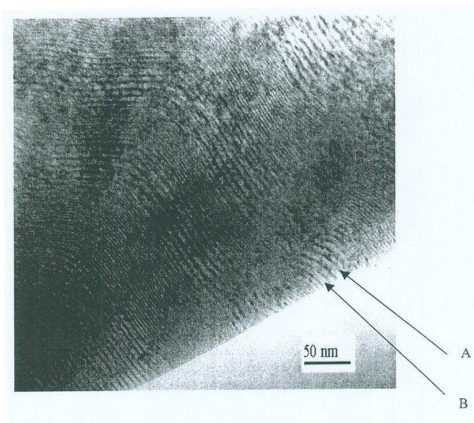
심사관 : 이한욱

(54) 발명의 명칭 **내마모성 코팅을 포함한 절삭 공구와 그의 제조 방법**

(57) 요약

본 발명은 기관과 내마모성 코팅을 포함하는 절삭 공구와 관련하여, PVD 에 의해 증착된 상기 내마모성 코팅은 하나 이상의 내화성 화합물 층으로 구성되며, 이 층 중 적어도 하나의 층은 다층 MX/LX/MX/LX 의 층상 구조로 이루어지며, 여기서 교대층 MX 와 LX 층은 Ti, Nb, Hf, V, Ta, Mo, Zr, Cr, Al, Si 또는 W 와 이들의 혼합물 중에서 선택된 원소 M 과 L 의 탄화물 또는 질화물이며, 개별 층 두께의 배열은 전체 다층 구조에 걸쳐 반복 주기를 갖지 않고 기본적으로 비주기적이며, 각 MX 와 LX 층의 두께는 0.1 nm 보다 크지만 다층 구조에서 임의의 연속된 10개 층의 두께의 합은 300 nm 보다 작고, 상기 다층 구조의 총 두께는 0.5 μm 보다 크되 20 μm 보다 작으며, MX 층 또는 LX 층 중 적어도 하나는 전기 절연성을 지니며 내마모성 질화물, 탄화물, 산화물 및 탄질화물을 포함하는 금속 절삭 공구에 관한 것이다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

기재와 내마모성 코팅을 포함하는 절삭 공구로서, PVD 기술에 의해 증착된 상기 내마모성 코팅은 하나 이상의 내화성 화합물 층으로 구성되며, 이 층 중 적어도 하나의 층은 다층 MX/LX/MX/LX 의 층상 구조로 이루어지며, 여기서 교대층 MX 와 LX 층은 Ti, Nb, Hf, V, Ta, Mo, Zr, Cr, Al, Si 또는 W 와 이들의 혼합물 중에서 선택된 원소 M 과 L 의 탄화물 또는 질화물이며, 개별 층 두께의 배열은 전체 다층 구조에 걸쳐 반복 주기를 갖지 않고 기본적으로 비주기적이며, 각 MX 와 LX 층의 두께는 0.1 nm 보다 크지만 다층 구조에서 연속된 10 개 층의 두께의 합은 300 nm 보다 작고, 상기 다층 구조의 총 두께는 0.5 μ m 보다 크되 20 μ m 보다 작은 상기 절삭 공구에 있어서,

MX 층 또는 LX 층 중 적어도 하나는 전기 절연성이고, 다층 구조는 다층 구조의 최내측부로부터 다층 구조의 최외측부의 방향으로 원소 M 과 L 의 함량 구배를 갖는 것을 특징으로 하는 절삭 공구.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 교대로 배치되는 MX 층과 LX 층이 질화물인 것을 특징으로 하는 절삭 공구.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 교대로 배치되는 MX 층과 LX 층이 각각 Ti 와 Al 로 이루어진 것을 특징으로 하는 절삭 공구.

청구항 5

제 4 항에 있어서, $Ti_{1-x}Al_xN$ 로 표현되는 다층 구조에서 알루미늄의 함량이 $0.10 < x < 0.85$ 인 것을 특징으로 하는 절삭 공구.

청구항 6

화합물을 포함하는 경질의 내마모성 내화 코팅을 기재 위에 형성하는 것을 포함하는 금속 절삭 공구의 제조 방법으로서, 상기 코팅에서 적어도 하나의 층은 다층 MX / LX / MX / LX 층상 구조로 이루어지며, 여기서 교대층 MX 와 LX 는 Ti, Nb, Hf, V, Ta, Mo, Zr, Cr, Al, Si, 그리고 W 와 이들의 혼합물 중에서 선택된 원소 M 과 L 의 탄화물 또는 질화물이며, MX 또는 LX 중 적어도 하나는 전기 절연성을 지니는 상기 방법에 있어서,

PVD BPDMS (Bipolar Pulsed Dual Magnetron Sputtering) 기술을 사용하고, 하나의 원소 M 타겟과 하나의 원소 L 타겟을 포함하는 마그네트론 쌍을 사용하거나 또는 동일 원소의 두 타겟을 갖는 마그네트론 쌍을 사용하고, 마그네트론 쌍에서 한 타겟은 양극의 역할을 하고 다른 한 타겟은 음극의 역할을 하며 그 반대도 성립하며, 각각의 이극 스위치에 400 V ~ 1000 V 의 전압을 인가하고, 공급 전력을 $2 \times 10 \sim 2 \times 70$ kW 로 제한하고, 증착전의 기저 압력을 2 mPa 보다 작게 하고 Ar 스퍼터링 가스 압력은 0.1 Pa ~ 1 Pa 의 범위로 하며, 기재 온도는 300 $^{\circ}$ C ~ 700 $^{\circ}$ C 로 하고, 3중 기재 회전을 사용하며, M 타겟의 스퍼터링 펄스 시간 (t_M) 과 L 타겟의 스퍼터링 펄스 시간 (t_L) 을 2 μ s ~ 100 μ s 의 범위로 설정하며, M 과 L 스퍼터링 펄스 사이의 펄스 중단 시간 (t_{OFF}) 을 2 μ s ~ 10 μ s 로 설정하고, 반응 가스압력은 0.01 ~ 0.25 Pa 로 하는 것을 특징으로 하는 금속 절삭 공구의 제조 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서, M 타겟의 스퍼터링 펄스 시간 (t_M) 과 L 타겟의 스퍼터링 펄스 시간 (t_L) 사이의 관계를 변경하여 다층의 조성을 변화시키는 것을 특징으로 하는 금속 절삭 공구의 제조 방법.

청구항 8

제 6 항 또는 7 항에 있어서, 반응 가스 압력을 변경하여 다층의 조성을 변화시키는 것을 특징으로 하는 금속 절삭 공구의 제조 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 반응 가스 압력을 증착 공정 중에 변화시키는 것을 특징으로 하는 금속 절삭 공구의 제조 방법.

청구항 10

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서, M 타겟의 스퍼터링 펄스 시간 (t_M) 과 L 타겟의 스퍼터링 펄스 시간 (t_L) 의 관계가 증착 공정 동안 변화하는 것을 특징으로 하는 금속 절삭 공구의 제조 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 내마모성 질화물, 탄화물, 산화물 및 탄질화물 중의 적어도 하나를 포함하는 다른 층을 구비하는 것을 특징으로 하는 절삭 공구.

청구항 12

제 6 항에 있어서, 종래 기술에서 알려진 내마모성 질화물, 탄화물, 산화물 및 탄질화물 중의 적어도 하나를 포함하는 다른 층을 구비하는 것을 특징으로 하는 금속 절삭 공구의 제조 방법.

청구항 13

제 6 항에 있어서, 두 개의 마그네트론 쌍을 이용하는 것을 특징으로 하는 금속 절삭 공구의 제조 방법.

청구항 14

제 6 항에 있어서, 상대 전극으로서 벽을 사용하여 기체에 20 V ~ 100 V 의 이극 펄스성 바이어스와 4 A ~ 30 A 의 전류를 부여하는 것을 특징으로 하는 금속 절삭 공구의 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 기계 및 다층 구조를 포함하는 내마모성 코팅을 갖는 금속 절삭 공구와 이와 같은 공구를 제조하기 위한 PVD BPDMS (Bipolar Pulsed Dual Magnetron Sputtering) 기술을 포함하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 현대의 고생산성 칩 발생 금속 기계 가공에서는 고 내마모성, 양호한 인성과 소성 변형에 대한 뛰어난 저항을 지닌 신뢰성이 높은 공구들이 요구된다.

[0003] 지금까지 이것은 공구 기재 표면에 적절한 코팅을 형성함으로써 이루어져 왔다. 그 결과, 공구는 상당히 높은 절삭 속도와 이송으로 사용될 수 있다. 코팅은 바람직하게 높은 온도에서도 경질이고 내마모성이 유지되며 안정적이다. 공구 기재는 일반적으로 공구 홀더에 고정된 인서트 (insert) 의 형태이지만 또한 중실 드릴 (solid drill) 이나 밀링 커터 (milling cutter) 의 형태일 수도 있다.

[0004] 1980 년대 중반부터 화학 기상 증착 기술이 개발되어 TiN 이나 Ti(C,N) 와 같은 안정한 코팅 화합물뿐 아니라, 그 자체로 높은 경도, 높은 내산화성 및 높은 고온 경도와 같은 고유의 특성을 제공하는 준안정한 TiN / AlN / TiN 구조도 성장할 수 있게 되었다.

[0005] MX / LX / MX / LX 다층 구조 (여기서 교대층 MX 와 LX 는 Ti, Nb, Hf, V, Ta, Mo, Zr, Cr, Al, Si, 그리고 W 중에서 선택된 원소 M 과 L 의 탄화물 또는 질화물이다.) 를 증착시키기 위한 PVD 는 아크 증발 또는 마그네트론 스퍼터링과 같은 진공 기술을 포함한다. 타겟으로부터 금속의 증발은 질소나 탄소를 함유한 반응성 기체 중에서 전기 아크나 이온 충돌에 의해 이루어진다. 아주 종종 타겟은 최종 층과 같은 금속 조성을 갖는다. 코팅 전체에 걸쳐 주기적이고 일정한 하위층 두께를 갖는 다층 아크 코팅의 경우에 평균 조성은 두 타겟의 조성에 의존하고 층두께의 방향/ 성장 방향으로 측정된 개별 하위층의 두께로 가중된다.

[0006] 마그네트론 스퍼터링으로는 아크 증발보다 표면 결함이 상당히 적은 층을 얻을 수 있지만, 코팅이 절연체 일 경우 AlN 과 같은 재료가 증발할 때 문제가 일어나게 된다. 이러한 문제들은 아크 증발 기술을 사용하면 종종 덜하게 된다. 마그네트론 스퍼터링된 다층은 보통 전도성이 있는 개별 하위층 코팅을 포함한다. Al 원소 타겟을 사용하는 것은 문제가 있는데, 절연성 AlN 이 표면에서 형성되기 때문이다. 코팅의 평균 조성은 각 타겟의 상대 증발 속도와 그 타겟의 조성에 의해 결정되며, 얻어진 코팅의 조성은 타겟의 조성에 의해 한정된다.

[0007] Al 의 함유량이 56 % 를 초과하면 TiAlN 층의 경도와 산화 온도가 계속 향상된다는 것이 JP-A-08-209333 에 알려져 있다. 또한 Al 조성이 임계치, 대략 75 % 보다 높으면 결과적인 층은 육방정 AlN 의 형성으로 인해 다시 연하게 되는 것도 알려져 있다.

[0008] EP-A-592986 에 따르면, 충분히 작은 반복 주기로 TiN 층과 AlN 층은 주기적으로 반복하면 순수한 AlN 도 입방형태로 안정화될 수 있어 매우 우수한 특성의 코팅이 얻어진다.

[0009] US 6,103,357 에 소개된 코팅은 비반복적인 형태의 다결정질 MX / LX / MX / LX 로 내화성 화합물의 다층 구조를 포함하며, 여기서 교대층 MX 와 LX 는 Ti, Nb, Hf, V, Ta, Mo, Zr, Cr, Al, Si, 그리고 W 중에서 선택된 원소 M 과 L 의 층인 금속 질화물 또는 탄화물이다.

발명의 상세한 설명

[0010] 본 발명의 일 목적은, 질화물층 또는 탄화물층 또는 이들의 혼합물이 교대로 형성된 다층 구조의 내화성 코팅과 기재를 포함하며 상기 층들 중 적어도 하나는 정기 절연성인 금속 기재 가공용 절삭 공구를 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 다른 목적은, 질화물층 또는 탄화물층 또는 이들의 혼합물 층 (이들 층 중 적어도 하나는 전기 절연성이다.) 으로 구성된 내화성 다층을 증착시키는 것을 포함하는 절삭 공구 제조 방법을 제공하는 것이다.

실시예

예 1

[0037] $Ti_{1-x}Al_xN$ 으로 표현되는 TiN / AlN / TiN / AlN / ... 다층이, 각각 하나의 Al 타겟과 하나의 Ti 타겟을 갖는 두 쌍의 마그네트론을 사용하는 BPDMS 를 이용해 초경 합금 기재에 증착되었으며, 이때 Ti 은 음극의 역할을 하고 Al 은 양극의 역할을 했으며 그 역도 이루어졌다. 900V 의 전압이 각 이극 스위치에 적용 인가되고 공급 전력은 2×35 kW 로 제한되었다. 증착 전의 기저 압력은 2 mPa 미만이었고 Ar 스퍼터링 가스 압력은 0.4 Pa 이었다. 증착된 코팅은 특성 공정 파라미터와 함께 아래의 표 1에 나타나 있다.

[0038] 모든 코팅은 500°C 의 기재 온도에서 증착되었다. 압력 피드백 조절로 반응 가스 압력이 일정하게 유지되었다. 40 V 의 이극 펄스성 바이어스와 약 15A 의 전류가 상대 전극으로서 벽을 사용하여 기재에 주어졌다. 변환 파라미터들은 Ti 타겟의 스퍼터링 펄스 시간 (t_{Ti}) 과 Al 타겟의 스퍼터링 펄스 시간 (t_{Al}) 및 N_2 압력이었다. N_2 는 공통 확산 입구를 통해 들어갔다. Ti 와 Al 스퍼터링 펄스 사이의 펄스 중단 시간은 모든 실험 동안 $5\mu s$ 로 유지되었고 t_{Al} / t_{Ti} 로 정의된 펄스열은 예를 들어 $7/30 \mu s$ 이다. 연구되어진 3 개의 다른 펄스 조건은 $7/30 \mu s$ (총 펄스열 길이 $47 \mu s$), $12/25 \mu s$ (총 펄스열 길이 $47 \mu s$), 그리고 $10/10 \mu s$ (총 펄스열 길이 $30 \mu s$) 이다. Ti 타겟과 Al 타겟에 대한 스퍼터링 전류는 각각의 스퍼터링 펄스동안 분지(branch) 전류를 측정하여 분석하였다. 질소 흐름뿐만 아니라 각각의 Ti 와 Al 스퍼터링 전류 또한 설정된 N_2 압력에 따라 변화하였다. $7/30 \mu s$ 의 스퍼터링 펄스에 대해, Al 스퍼터링 전류가 저압에서 0 에 가까운 값으로부터 고압에서 Ti 스퍼터링 전류의 크기에 가까운 값까지 증가한다는 것이 밝혀졌다. 3중 기재 회전 이 초경 합금 절삭 공구의 균일한 코팅 증착을 위해 사용되었고 증착 시간은 120 분으로 설정되었다.

표 1

Sample	t_{Al}/t_{Ti} [μs]	P_{tot} [Pa]	P_{N_2} [Pa]	Γ_{N_2} [sccm]	I_{Ti} [A]	I_{Al} [A]
7/30_1.2	7/30	0.52	0.12	184	31	26
12/25_0.5	12/25	0.45	0.05	153	22	10
12/25_0.7	12/25	0.47	0.07	154	19	18
12/25_0.8	12/25	0.48	0.08	166	21	28
12/25_0.9	12/25	0.49	0.09	158	17	35
10/10_0.3	10/10	0.43	0.03	71	6	5
10/10_0.6	10/10	0.46	0.06	108	5	20

[0039]

[0040]

상 분석을 하기 위해 10 kV 의 히타치 S-4300 FEG-SEM (field emission gun scanning electron microscope) 과 JEOL 2010 TEM (Transmission Electron Microscope) 을 사용하고 또한 선택 영역 전자 회절 (SAED:selected area electron diffraction) 을 실시하여 모든 코팅을 조사하였다. 화학적 조성은 가속 전압 10 kV 와 프로브 전류 (probe current) 10 nA 에서 JEOL JXA-8900R 을 이용한 EPMA (Electron Probe Micro Analysis) 로 결정되었다. Ti 와 Al 은 그들의 x-선 강도에 의해 분석되었고, N 의 화학양론은 코팅의 x-선 강도와 금속 샘플의 강도 사이의 차를 이용해 추정되었다. 상 조성은 Cu K α 선을 이용한 x-선 회절을 이용해 결정되었다. 강도비는 $I_{hkl} / (I_{111} + I_{200} + I_{220})$ 으로 계산되었다. CSEM 나노 경도 시험기를 사용하여 코팅의 경도를 결정하였다. 25 mN 의 하중을 이용하여 기재로부터의 기여는 모든 코팅에 대해 아주 작거나 혹은 없는 것으로 간주되었다.

[0041]

실험의 결과는 표 2 에 요약되었다.

[0042]

12/25 μs 의 펄스열을 이용해 증착된 코팅을 비교할 때, 성장속도는 0.05 Pa 의 가장 낮은 N $_2$ 압력의 경우에 가장 높은 것으로 나타났다는 더 낮은 N $_2$ 압력에서의 스퍼터링이 보다 더 금속적인 모드에서의 스퍼터링과 같다는 사실 때문이다. 0.07 ~ 0.09 Pa 에서의 증착은 반응이 빠른 조건에서 증착되었다. N $_2$ 압력이 증가함에도 불구하고, 증착 속도는 약 18 nm/분 으로 동일하였다.

[0043]

7/30 μs 펄스에 대해 금속 코팅 조성은 Ti $_{0.84}$ Al $_{0.16}$ 에 대응하고, 12/25 μs 의 펄스열에 대해 x는 0.36 ~ 0.58 의 영역이었고, 10/10 μs 의 펄스열에서 x 는 0.72 ~ 0.84 이었다. 이는 $0.08 P_{Ar} \leq P_{nitrogen} \leq 0.03 P_{Ar}$ 으로 N $_2$ 압력을 변화시키면서 본 범위에서 펄스 시간을 변화시키면, Ti $_{1-x}$ Al $_x$ N 의 x 가 0.16 ~ 0.84 의 범위로 제어될 수 있음을 의미한다. 질소의 조성은 약 50 % 로 계산되었다.

[0044]

$x \leq 0.49$ 인 낮은 Al 함량에서는 주상 (columnar) 이었고, 표면은 꽃양배추 모양으로 나타났다. $x \geq 0.58$ 인 높은 Al 함량에서는 보다 유리질의 조직이 생겼다. 주상 코팅은 청동색을 띄고 유리질 코팅은 파란색 또는 투명색을 보인다.

[0045]

XRD 로부터 강도비는 낮은 Al 함량의 코팅에서의 [200] 형으로부터 높은 Al 함량 코팅에서의 [111] 형으로 변하는 것으로 알려졌다.

표 2

Sample	r [nm/min]	t _c [μm]	Colour	x in	XRD	XRD	XRD	NH _{25mN} [GPa]
				Ti _{1-x} Al _x N	I ₁₁₁ /I _{tot} *	I ₂₀₀ /I _{tot} *	I ₂₂₀ /I _{tot} *	
7/30_1.2	12	1.4	갈색빛 청동색	0.16	0.17	0.73	0.10	31.0
12/25_0.5	23	2.8	자줏빛 청동색	0.36	0.58	0.30	0.12	23.0
12/25_0.7	18	2.1	자줏빛 청동색	0.41	0.68	0.29	0.03	30.9
12/25_0.8	18	2.1	자줏빛 청색	0.49	0.85	0.13	0.03	31.6
12/25_0.9	17	2.0	청색	0.58	**	**	**	28.7
10/10_0.3	9	1.1	투명	0.72	**	**	**	25.6
10/10_0.6	13	1.5	투명	0.84	**	**	**	25.2

* I_{tot} = (I₁₁₁ + I₂₀₀ + I₂₂₀)

** XRD 비결정질

[0046]

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1 은 본 발명에 따른 대표적인 TiN/AlN/TiN/AlN 다층의 SEM 이미지로, 여기서

S) = 기재

L) =다층

도 2 는 본 발명에 따른 대표적인 내화성 코팅의 투과 전자 현미경(TEM) 사진으로, 여기서

A) = TiN

B) = AlN

[0013] 삭제

[0014] 삭제

[0015] 삭제

[0016] 삭제

[0017] 삭제

[0018] 도 3 은 본 발명에 따른 BPDMS 장비의 대표적인 타겟 구성의 개략도로, 여기서

[0019] a) = 티타늄 타겟

[0020] b) = 알루미늄 타겟

[0021] c) = 에칭/바이어스용 공급부

[0022] d) = 스퍼터링용 공급부

[0023] e) = 가열기용 공급부

- [0024] 본 발명에 의하면, 예컨대 서멧 (cermet), 세라믹, 초경 합금 또는 입방 질화 붕소의 기재를 포함하고 이 기재상에 경질의 내마모성 내화 코팅이 PVD 기술에 의해 증착되어 있으며 선삭, 밀링 및 드릴링과 같은 금속 기계 가공을 위한 절삭 공구가 제공된다. PVD 에 의해 증착된 내마모성 코팅은 하나 이상의 내화성 화합물 층으로 구성되며 이 층 중 적어도 하나의 층은 다층 MX / LX / MX / LX 층상 구조로 이루어지며, 여기서 교대층 MX 와 LX 는 Ti, Nb, Hf, V, Ta, Mo, Zr, Cr, Al, Si, 그리고 W 와 이들의 혼합물 중에서 선택된 원소 M 과 L 의 탄화물 또는 질화물이며 MX 또는 LX 중 적어도 하나는 전기 절연성을 지니며, 그리고 다른 층들이 존재한다면, 이 층은 종래 기술에서 알려진 내마모성 질화물, 탄화물, 산화물 및 침탄질화물을 포함한다. 각각의 MX 와 LX 층의 배열은 전체 다층 구조에 걸쳐 비주기적인 두께를 갖는다. 게다가, 각 층의 최소 두께는 0.1 nm 보다 크지만 그 구조에서 임의의 연속된 10 개 층의 합은 300 nm 보다 작다. 하나의 개별적인 층의 두께는 바로 아래에 있는 개별 층의 두께에 의존하지 않으며 그 위에 있는 상기 개별 층과 어떠한 관련성도 없다. 그러므로 본 발명의 비주기적인 다층은 어떠한 반복 주기도 갖지 않는다. 다층의 전체 두께는 0.5 μm ~ 20 μm , 바람직하게는 1 μm ~ 10 μm , 가장 바람직하게는 2 μm ~ 6 μm 이다.
- [0025] 본 발명의 일 실시 형태에서 다층 구조는 다층 전체에 걸쳐 MX 와 LX 층의 평균 두께의 변화때문에 원소 M 과 L 의 함량 구배를 갖는다. M의 평균 함량은 예를 들어서 다층의 최내측부에서 0 % 에 가까울 수 있는데, 즉, MX 층의 평균 두께가 0 에 가까우므로, L 의 평균 함량은 100 % 가까이 된다. MX 층의 평균 두께가 다층의 최외측부쪽으로 가면서 점진적으로 증가하기 때문에 M 의 평균 함량은 다층의 최외측부쪽으로 가면서 100 % 가까이 증가한다.
- [0026] 본 발명의 일 실시 형태에서, 다층은 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 의 형태로 표현되는 $\text{TiN}/\text{AlN}/\text{TiN}/\text{AlN}/\dots$ 의 구조를 갖고, Al 의 평균 함량은 $0.10 < x < 0.85$ 이고 질소의 함량은 약 50 % 정도이다. $\text{CuK}\alpha$ 선의 XRD 를 사용해 결정되고 강도비를 $I_{hkl} / (I_{111} + I_{200} + I_{220})$ 로 계산할 때, 대표적인 다층은 또한 $I_{200} / (I_{111} + I_{200} + I_{220}) > 0.33$ 인 [200] 회절 피크에 대해 강도비를 갖거나, $I_{111} / (I_{111} + I_{200} + I_{220}) > 0.33$ 인 [111] 회절 피크에 대한 강도비를 갖거나, 또는 $I_{200} / (I_{111} + I_{200} + I_{220}) > 0.33$ 와 $I_{111} / (I_{111} + I_{200} + I_{220}) > 0.33$ 모두를 갖는다. 상기 다층의 경도는 23 GPa ~ 32 GPa 의 범위이다.
- [0027] 상기 $\text{TiN} / \text{AlN} / \text{TiN} / \text{AlN} / \dots$ 구조의 다층의 다른 실시 형태에서, 다층은 XRD 에서는 비결정질이다.
- [0028] 산화 알루미늄 층의 증착에 특히 적합한 상기 $\text{TiN} / \text{AlN} / \text{TiN} / \text{AlN} / \dots$ 구조의 다층의 또 다른 실시 형태에서, 다층은 다층의 최내측부로부터 최외측부로 가면서 Al 의 평균 함량이 증가하는 Al 함량 구배를 갖는다.
- [0029] 상기 $\text{TiN} / \text{AlN} / \text{TiN} / \text{AlN} / \dots$ 구조의 다층의 또다른 실시 형태에서, Al 의 함량은 $0.10 < x < 0.30$ 이고, 이 결과 다층의 높은 경도로 인해 내마모성이 크게 요구되는 적용 분야에 특히 유용한 절삭 공구가 얻어진다.
- [0030] 상기에서 $\text{TiN} / \text{AlN} / \text{TiN} / \text{AlN} / \dots$ 구조의 다층의 또 다른 실시 형태에서, Al 의 함량이 $0.40 < x < 0.55$ 이고, 이 결과 높은 경도와 고온 특성을 함께 갖는 범용 절삭 공구가 얻어진다.
- [0031] 상기 $\text{TiN} / \text{AlN} / \text{TiN} / \text{AlN} / \dots$ 구조의 다층의 또 다른 실시 형태에서, Al 의 함량이 $0.60 < x < 0.80$ 이고, 이 결과 크레이터 마모 (crater wear) 에 대해 특히 높은 저항성을 지닌 절삭 공구가 얻어진다.
- [0032] 본 발명에 의하면, 화합물을 포함하는 경질의 내마모성 내화 코팅을 PVD BPDMS (Bipolar Pulsed Dual Magnetron Sputtering) 기술을 사용하여, 예컨대 서멧, 세라믹, 초경 합금 또는 입방 질화 붕소로 된 기재 위에 증착하는 것을 포함하는 금속 절삭 공구의 제조 방법이 제공되며, 상기 코팅에서 적어도 하나의 층은 다층 MX / LX / MX / LX 층상 구조로 이루어지며, 여기서 교대층 MX 와 LX 는 Ti, Nb, Hf, V, Ta, Mo, Zr, Cr, Al, Si, 그리고 W 와 이들의 혼합물 중에서 선택된 원소 M 과 L 의 탄화물 또는 질화물이며, MX 또는 LX 중 적어도 하나는 전기 절연성을 지니며, 그리고 다른 층들이 존재한다면, 이 층은 종래 기술에서 알려진 내마모성 질화물, 탄화물, 산화물 및 침탄질화물을 포함한다.
- [0033] BPDMS 공정에서, 마그네트론 쌍은 바람직하게는 두 쌍의 마그네트론을 사용하는 하나의 원소 M 타겟과 하나의 원소 L 타겟을 포함하거나 혹은 동일 원소의 두 타겟의 마그네트론 쌍을 이용하며 마그네트론 쌍에서 한 타겟은 양극의 역할을 하고 다른 타겟은 음극의 역할을 하고 그 반대도 성립한다. 400 V ~ 1000 V 의 전압이 각 이극 (bipolar) 의 스위치에 인가되고 공급 전력은 $2 \times 10 \text{ kW} \sim 2 \times 70 \text{ kW}$ 로 제한된다. 증착 전의 기저 압력은 2 mPa 보다 작아야 하고 Ar 스퍼터링 가스 압력은 0.1 Pa ~ 1 Pa 이다. 증착 공정은 $300^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$ 의 기재 온도에서 수행된다. 바람직하게는 20 V ~ 100 V 의 이극 펄스성 바이어스가 코팅의 강도비에 영향

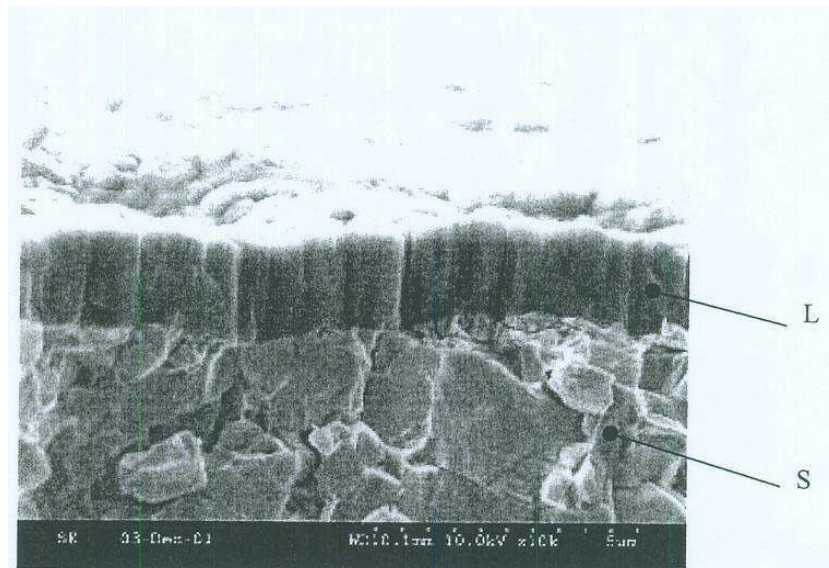
을 미치는 것으로 알려져 있고, 따라서 다른 바이어스 값을 선택함으로써 다른 강도비를 얻을 수 있고, 상대 전극으로서 벽을 사용하여 4 A ~ 30 A 의 전류를 기체에 가할 수 있다. 균일한 코팅 증착을 위해 3중 기체 회전 (Threefold substrate rotation) 이 사용된다. M 타겟의 스퍼터링 펄스 시간 (t_M) 과 L 타겟의 스퍼터링 펄스 시간 (t_L) 은 $2 \mu s \sim 100 \mu s$ 로 설정되고 M 과 L 의 스퍼터링 펄스 사이의 펄스 중단 시간 (t_{OFF}) 은 $2 \mu s \sim 10 \mu s$ 이다. N_2 나 메탄이나 다른 질소나 탄소를 함유한 반응 가스들은 공통 입구를 통해 들어오고 반응 가스 압력은 0.01 Pa ~ 0.25 Pa 이다.

[0034] 반응 가스의 압력을 변화시킴으로써 M 타겟과 L 타겟 사이의 스퍼터링 파워를 바꾸어서 타겟 사이의 전류 관계를 변화시킬 수 있으며 이렇게 해서 다층의 조성을 변화시킬 수 있는데, 즉, MX 와 LX 층의 평균 두께를 각각 변화시킬 수 있다.

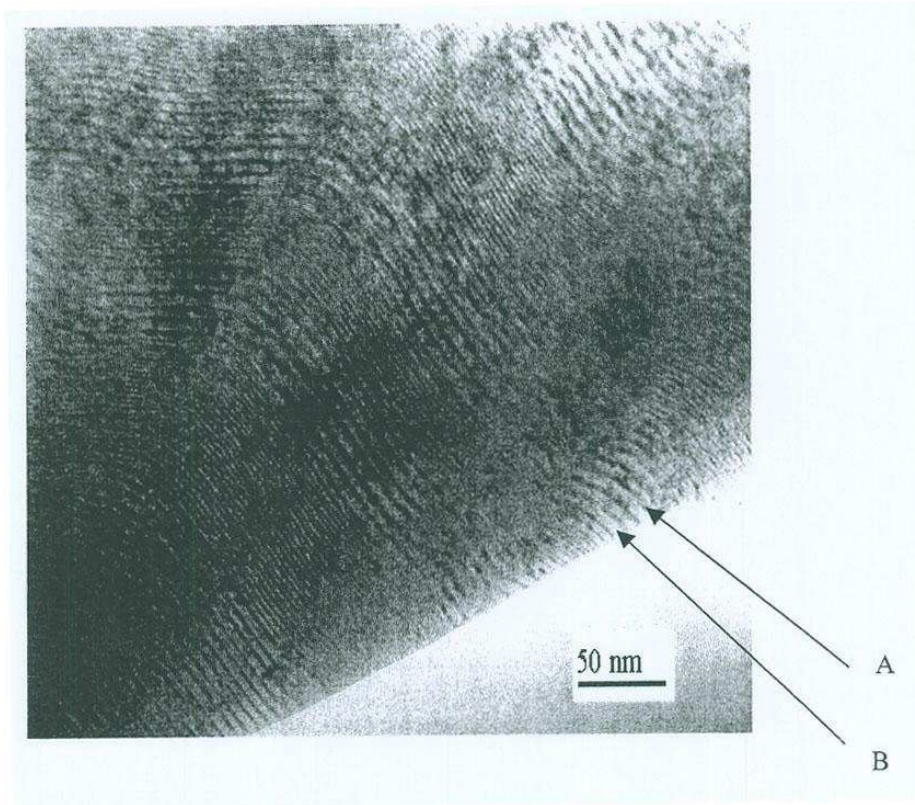
[0035] 증착 공정에서, 주어진 펄스열에서 $t_M + t_L + 2 \times t_{OFF}$ 로 정의된 적용된 펄스열에서 스퍼터링 펄스 시간을 변화시킴으로써 다층의 조성, 즉 MX 와 LX 층의 평균 두께를 변화시킬 수 있다.

도면

도면1



도면2



도면3

