



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0053081

(51)^{2020.01} C23C 28/04; C23C 14/32; C23C 16/26; (13) B
C23C 16/50; C23C 14/06; C23C 14/35

(21) 1-2020-07681

(22) 17/06/2019

(86) PCT/FR2019/051463 17/06/2019

(87) WO2019/243721 26/12/2019

(30) FR 1855318 18/06/2018 FR

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/05/2021 398A

(73) HYDROMECHANIQUE ET FROTTEMENT (FR)

69 Avenue Benoît Fourneyron, 42160 ANDREZIEUX BOUTHEON, FRANCE

(72) BOMBILLON Laurent (FR); PROST Fabrice (FR).

(74) Công ty TNHH VINTELL Sáng chế và thương hiệu (VINTELL CO., LTD.)

(54) CHI TIẾT CÓ LỚP PHỦ CACBON VÔ ĐỊNH HÌNH KHÔNG ĐƯỢC HYDRO
HÓA TRÊN LỚP PHỦ LÓT CHỨA CROM, CACBON VÀ SILIC

(21) 1-2020-07681

(57) Sáng chế đề cập đến chi tiết bao gồm nền kim loại, lớp phủ cacbon vô định hình không được hydro hóa, loại ta-C hoặc loại a-C (cacbon vô định hình), phủ trên nền này, và một lớp phủ dưới trên cơ sở crom (Cr), cacbon (C) và silic (Si) và được nằm giữa nền kim loại và lớp phủ cacbon vô định hình và lớp phủ cacbon vô định hình được phủ trên lớp phủ dưới, khác biệt ở chỗ, lớp phủ dưới này, ở mặt phân cách với lớp phủ cacbon vô định hình, có tỷ lệ giữa silic tính theo hàm lượng phần trăm nguyên tử và crom tính theo hàm lượng phần trăm nguyên tử (Si/Cr) nằm trong khoảng từ 0,35 đến 0,60, và tỷ lệ giữa cacbon tính theo hàm lượng phần trăm nguyên tử và silic tính theo hàm lượng phần trăm nguyên tử (Si/Cr) nằm trong khoảng từ 2,5 đến 3,5.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến chi tiết có lớp phủ bao gồm nền kim loại đã được phủ lớp phủ dưới và lớp phủ cacbon vô định hình không được hydro hóa, lớp phủ cacbon này được phủ trên lớp phủ dưới chứa crom, cacbon và silic.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các chi tiết có lớp phủ liên quan bao gồm, ví dụ, các bộ phận ma sát dùng cho các ngành ô tô, hàng không hoặc vũ trụ, chẳng hạn.

Trong lĩnh vực ô tô, chúng là, ví dụ, các chi tiết phân phối như cơ cấu đẩy cần (bộ cò), con đội xu-páp hoặc cam để làm giảm sự ma sát giữa các chi tiết này. Chúng cũng có thể là các chốt pittông, để làm giảm sự mài mòn của chúng và bảo vệ các bề mặt chống lại sự kéo.

Một lớp phủ như nêu trên cũng có thể áp dụng cho các bộ phận khác như vòng găng pittông, thân pittông, lớp lót.

Trong số các ví dụ không nhằm giới hạn trước đây, các lớp phủ thường đòi hỏi phải được hoạt động trong môi trường bôi trơn.

Về mặt bản chất, các lớp phủ cacbon vô định hình, dù đã hay không được hydro hóa, đều có nhiều ứng dụng mà không chỉ giới hạn ở các bộ phận cho các ngành công nghiệp ô tô, hàng không hoặc vũ trụ. Các bộ phận dẫn hướng hay trượt, ví dụ, như các khuôn đúc trong công nghiệp chất dẻo, cũng có thể được phủ một lớp phủ như vậy nhằm làm giảm đến mức tối thiểu sự mài mòn và ma sát mà không cần bôi trơn.

Các lớp phủ cacbon vô định hình thường được gọi là lớp phủ cacbon dạng kim cương “DLC” (là chữ viết tắt cho “Diamond Like Carbon”). Nó ký hiệu cho các vật liệu trên cơ sở cacbon thường được tạo ra dưới dạng lớp mỏng và bởi các kỹ thuật lắng phủ chân không.

Các lớp phủ này có thể, ví dụ, được phân thành hai nhóm: các lớp phủ có hydro (H) và các lớp phủ không có hydro.

Nằm trong số các lớp phủ có hydro, các lớp phủ DLC được đặc biệt quan tâm trong công nghiệp gồm:

- các lớp phủ “a-C:H” (“a-C:H” là chữ viết tắt cho “hydrogenated amorphous carbon”). Các lớp phủ này thường được tạo ra bằng cách lắng phủ hóa học trong pha hơi được hỗ trợ bởi plasma của tiền chất khí trên cơ sở cacbon (ví dụ, axetylen (C_2H_2)).

Nằm trong số các lớp phủ không có hydro, các lớp phủ DLC được đặc biệt quan tâm gồm:

- các lớp phủ “a-C” (“a-C” là chữ viết tắt cho “amorphous carbon”), chúng thường được tạo ra bởi việc phún xạ manhetron đích graphit.

Và, cụ thể là, các lớp phủ “ta-C” (“ta-C” là chữ viết tắt cho “tetrahedral amorphous carbon”), chúng thường được tạo ra bằng cách bốc hơi hồ quang đích graphit.

Do đó, ba loại lớp phủ nêu trên được tạo ra bởi công nghệ khác nhau.

Ngoài ra, hiện thời, đối với cả ba loại lớp phủ DLC như nêu trên (được tạo ra bằng các công nghệ khác nhau, như đã minh họa ở trên), thường đòi hỏi phải sử dụng một lớp phủ dưới đặc biệt để cho việc phủ này bám dính vào một nền nhất định.

Ví dụ, trong trường hợp các lớp phủ ta-C, sự bám dính đạt được bởi việc bắn phá, với năng lượng rất cao khi bắt đầu lắng phủ (điều đó có nghĩa là tới vài kilo electron von), bằng các ion cacbon (C) lên trên nền (ví dụ, như đã được mô tả trong ấn phẩm: Tetrahedrally Bonded Amorphous Carbon Films I, Basics, Structure and Preparation, Bernd Schultrich, © Springer-Verlag GmbH Germany 2018, trang 552).

Nền được phủ trước một cách tùy chọn bằng một lớp crom kim loại mỏng (Cr), đôi khi bằng lớp xi mạ (flash) crom (Cr), để khiến có thể tăng cường sự bám dính tốt trên nền thép. Tuy nhiên, lớp crom này là tùy chọn và do đó có thể không có mặt.

Tuy nhiên, theo các giải pháp kỹ thuật đã biết, sự bám dính tối ưu đạt được, nhờ việc bắn phá nền tương đối nguội bằng các ion cacbon (C), với năng lượng cao.

Điều kiện này là khó khăn do các bước ban đầu trước khi bắn phá (khử khí cho nền và thiết bị gia nhiệt, tách ion và lắng phủ lớp xi mạ Cr) dẫn đến gia nhiệt các chi tiết và việc gia nhiệt này có ảnh hưởng bất lợi cho sự bám dính của lớp ta-C. Do đó, mong muốn nếu thực hiện làm nguội các nền trước khi bắn phá chúng bằng các ion electron. Tuy nhiên, hiệu quả của việc làm nguội các chi tiết (cụ thể là các nền) trong chân không thường kém và mất nhiều thời gian, thường là vài giờ, để đạt được nhiệt độ mong muốn nhằm có được độ bám dính được xem là chấp nhận được.

Ngoài ra, như nêu trên, sự bám dính đạt được nhờ việc bắn phá các nền, cho dù đã hay không được phủ trước lớp xi mạ crom, bằng các ion năng lượng cao.

Điện áp cao cần thiết cho việc gia tốc cho các ion làm tăng nguy cơ kích hoạt các hiện tượng hồ quang điện trên các chi tiết, hoặc các vật mang chi tiết (còn được gọi là các bộ phận mang nền), mà có thể dẫn đến sự phá hủy các chi tiết hoặc làm mất sự bám dính của các chi tiết đã tiếp xúc với hồ quang. Hơn nữa, nếu bộ tạo thiên áp của các chi tiết phát hiện hồ quang và ngắt nó, thì sự lắng phủ của các ion cacbon xảy ra mà không có sự gia tốc vốn ảnh hưởng bất lợi tới sự bám dính của lớp phủ cacbon trên các nền đã bị lắng phủ như vậy.

Một nhược điểm khác của của giai đoạn bắn phá năng lượng cao bằng các ion cacbon này là việc gia nhiệt các chi tiết cần phủ dẫn đến việc truyền năng lượng từ các ion sang chi tiết cần phủ. Sự kết hợp mật độ cao của các ion cacbon trên nền và năng lượng cao gây ra năng lượng có mật độ cao tác động vào nền và do vậy làm tăng nhanh nhiệt độ của nó.

Ngoài vấn đề sự tăng nhiệt độ có thể gây bất lợi cho các đặc tính của các chi tiết cơ học mà thường đòi hỏi nhiệt độ tối thấp, thường là nằm trong khoảng từ 150°C đến 220°C, thì vấn đề cũng rất quan trọng đối với các đặc tính cơ học của lớp phủ loại ta-C có thể mất đi khi nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ lắng phủ khoảng 200°C.

Do đó, các phương pháp thông thường có thể dẫn đến các nguy cơ làm quá nhiệt các chi tiết.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế nhằm khắc phục ít nhất một phần các vấn đề nêu trên.

Cụ thể là, mục đích của sáng chế là đề xuất chi tiết bao gồm lớp phủ DLC không được hydro hóa, có các đặc tính cơ học tương đối cao và nằm trong số đó lớp phủ DLC này có độ bám dính thỏa đáng với nền.

Do đó, sáng chế đề cập đến việc tạo ra chi tiết mà có thể thu được mà không cần bước làm nguội trước khi lắng phủ trong trường hợp lớp phủ ta-C (tetrahedral cacbon vô định hình) chẳng hạn, có nghĩa là phương pháp lắng phủ để tạo ra một chi tiết như vậy có thể bỏ qua bước làm nguội, trước khi lắng phủ lớp phủ ta-C, và việc bắn phá ion năng lượng cao đã và đang được sử dụng để tạo sự bám dính của lớp phủ ta-C.

Để đạt được điều này, theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất chi tiết bao gồm nền kim loại, lớp phủ cacbon vô định hình không được hydro hóa, loại ta-C hoặc thậm chí là loại a-C (cacbon vô định hình), phủ trên nền này, và một lớp phủ dưới trên cơ sở crom (Cr), cacbon (C) và silic (Si) nằm giữa nền kim loại và lớp phủ cacbon vô định hình và lớp phủ cacbon vô định hình được phủ trên lớp phủ dưới, khác biệt ở chỗ lớp phủ dưới này có các tỷ lệ nguyên tử dưới đây ở mặt phân cách với lớp phủ cacbon vô định hình (tức là ở bề mặt của lớp phủ dưới):

- Tỷ lệ giữa hàm lượng silic và hàm lượng crom (Si/Cr) nằm trong khoảng từ 0,35 đến 0,60, và
- Tỷ lệ giữa hàm lượng cacbon và hàm lượng silic (Si/Cr) nằm trong khoảng từ 2,5 đến 3,5.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thành phần của một lớp phủ dưới như vậy có các hàm lượng có thể xác định được, ví dụ, bằng phép phân tích phổ tán sắc năng lượng tia X EDX (EDX là chữ viết tắt cho ((Energy Dispersive X-Ray))) trên kính hiển vi điện tử quét SEM (Scanning Electron Microscope) hoặc bằng phép phân tích quang phổ phát

xạ quang học phóng điện phát sáng GDOES (Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy).

Điều đã thấy là một lớp phủ dưới như vậy khiến có thể thu được độ bám dính lớp phủ đạt kết quả HF1, mà bền vững theo thời gian.

Hơn nữa, điều đã thấy là một lớp phủ dưới như vậy cho phép có thể bỏ qua bước làm nguội, ít nhất là trong trường hợp lắng phủ ta-C, do khác hẳn với các giải pháp kỹ thuật đã biết, việc lắng phủ của lớp phủ cacbon có thể bắt đầu với thiên áp rất thấp so với mức hàng trăm vôn theo các giải pháp kỹ thuật đã biết.

Điều cũng đã thấy là một lớp phủ dưới như vậy cho phép chuyển qua lại các đặc tính cơ học giữa lớp phủ DLC loại ta-C hoặc a-C type và nền kim loại.

Hơn nữa, một lớp phủ dưới như vậy cũng đã chứng tỏ là đặc biệt có lợi đối với lớp phủ DLC có cacbon vô định hình đã hydro hóa, mà đặc biệt là loại a-C:H.

Một lớp phủ dưới như vậy sau đó tạo ra dạng lớp gradient có thành phần chủ yếu dựa trên cơ sở crom (Cr), silic (Si) và cacbon (C).

Lớp phủ dưới sẽ dần dần giàu (xuất phát từ hướng về lớp phủ DLC) silic (Si) và cacbon (C), để đạt được thành phần cho phép bám dính lớp phủ, như nêu trên.

Theo một ví dụ cụ thể, tỷ lệ giữa hàm lượng silic và hàm lượng crom (Si/Cr) của lớp phủ dưới ở lân cận mặt phân cách với DLC nằm trong khoảng từ 0,38 đến 0,60, hoặc thậm chí nằm trong khoảng từ 0,40 đến 0,60.

Theo một ví dụ cụ thể, tỷ lệ giữa hàm lượng cacbon và hàm lượng silic (C/Si) của lớp phủ dưới ở lân cận mặt phân cách với DLC nằm trong khoảng từ 2,8 đến 3,2, hoặc thậm chí nằm trong khoảng từ 2,9 đến 3,1.

Lớp phủ dưới này có thể chứa nitơ (N). Đặc biệt có lợi nếu chi tiết còn bao gồm lớp crom nitrua, như được mô tả ở dưới.

Do vậy, theo một phương án có lợi, lớp phủ dưới còn chứa các nguyên tử nitơ (N), tỷ lệ giữa hàm lượng nitơ và hàm lượng crom (N/Cr) nhỏ hơn 0,70 ở lân cận mặt phân cách với DLC, điều đó có nghĩa là ở mặt phân cách giữa lớp phủ dưới và lớp phủ cacbon vô định hình.

Theo các ví dụ có lợi, tỷ lệ giữa hàm lượng nitơ và hàm lượng crom (N/Cr) nằm trong khoảng từ 0,26 đến 0,70, hoặc thậm chí nằm trong khoảng từ 0,29 đến 0,67, hoặc thậm chí nằm trong khoảng từ 0,35 đến 0,65, ở mặt phân cách giữa lớp phủ dưới và lớp phủ cacbon vô định hình.

Theo các ví dụ có lợi, tỷ lệ giữa hàm lượng silic và hàm lượng crom (Si/Cr) nằm trong khoảng từ 0,40 đến 0,55, hoặc thậm chí nằm trong khoảng từ 0,45 đến 0,55, ở mặt phân cách giữa lớp phủ dưới và lớp phủ cacbon vô định hình.

Theo một ví dụ được ưu tiên, lớp phủ dưới, có hoặc không có nitơ, có độ dày vài chục micromét; tốt hơn nếu độ dày nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,1 μm , như nằm trong khoảng từ 0,2 μm đến 1,1 μm , tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,3 μm và 0,6 μm .

Quả thực, trên thực tế, với độ dày vượt quá 1,1 μm , sự phát triển dạng cột có thể xảy ra gây bất lợi cho việc bám dính của lớp phủ dưới, và độ dày dưới 0,2 μm , lớp phủ dưới không tạo ra hiệu quả cho lớp thích ứng.

Lớp phủ cacbon vô định hình này có, ví dụ, độ dày lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,3 μm , hoặc thậm chí lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5 μm , hoặc thậm chí lớn hơn hoặc bằng khoảng 1 μm , hoặc thậm chí lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5 μm .

Lớp phủ cacbon vô định hình này có, ví dụ, độ dày nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10 μm , hoặc thậm chí là nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8 μm , hoặc thậm chí có thể là nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5 μm .

Lớp phủ cacbon vô định hình này có, ví dụ, độ dày nằm trong khoảng từ 1,5 μm đến 3,5 μm , nhưng có thể bằng đến 8 μm khi lớp phủ này được áp dụng cho vòng găng pittông, chẳng hạn.

Nền kim loại này làm bằng, ví dụ, thép hoặc các hợp kim kim loại khác.

Theo các phương án có lợi làm ví dụ, chi tiết này còn bao gồm lớp trên cơ sở crom được lắng phủ trên nền và trên lớp trên cơ sở crom này lớp phủ dưới được tạo ra.

Lớp trên cơ sở crom này là, ví dụ, lớp crom (Cr) và/hoặc lớp crom nitrua, ví dụ, CrN hoặc Cr₂N, hoặc hợp chất trung gian bất kỳ.

Tốt hơn là, chi tiết này bao gồm lớp crom (Cr), hoặc lớp crom (Cr) được tiếp sau bởi một lớp crom nitrua (ví dụ, CrN hoặc Cr₂N, hoặc hợp chất trung gian bất kỳ).

Tốt hơn là, lớp trên cơ sở crom có độ dày vài chục micromét, tốt hơn nếu độ dày nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1μm, hoặc thậm chí là nhỏ hơn hoặc bằng 0,6μm, như nằm trong khoảng từ 0,1 μm và 0,5 μm, hoặc thậm chí nằm trong khoảng từ 0,3μm đến 0,5μm.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Bảng dưới đây thể hiện các thử nghiệm khác nhau, được đánh số từ 1 tới 15. Các tỷ lệ nguyên tử, xác định được bằng EDX, là các tỷ lệ của lớp phủ dưới ở lân cận mặt phân cách với lớp phủ (với lưu ý rằng lớp phủ dưới này có một gradien thành phần, thành phần được hướng tới là thành phần được mong muốn ở mặt phân cách với lớp phủ DLC).

No.	Độ dày của lớp trên cơ sở Cr (μm)	Độ dày của DLC (μm)	Tổng độ dày của DLC+lớp phủ dưới+lớp trên cơ sở Cr (μm)	Si/Cr	C/Si	N/Cr	Sự bám dính HRC
1	0	2,4	0,3	0,17	3,00	0,00	không
2	0	2,2	0,7	0,26	2,92	0,00	không
3	0	2,4	0,3	0,31	2,93	0,00	không
4	0	2,7	0,3	0,38	3,00	0,00	có
5	0	2,4	0,7	0,46	3,06	0,00	có
6	0	2,3	0,3	0,60	2,94	0,00	có
7	0	2,3	0,5	0,76	2,95	0,00	không
8	0	2,5	0,5	1,00	3,00	0,00	không
9	0,3	2,8	0,6	0,50	3,00	0,33	có
10	0,5	2,4	1,1	0,43	2,92	0,67	có
11	0,3	2,3	0,7	0,33	3,00	1,00	không
12	0,4	2,5	0,7	0,33	2,92	0,25	không
13	0,3	2,5	0,8	0,40	2,93	0,29	có
14	0	3,5	1,1	0,50	3,00	0,00	có
15	0	1,5	0,4	0,45	3,10	0,00	có

Trong tất cả các thử nghiệm, điều đã được nhận thấy là tính năng bám dính của DLC trên lớp phủ dưới có liên quan tới thành phần của bề mặt lớp phủ dưới.

Sự có mặt của nitơ không quyết định độ bám dính của DLC. Trên thực tế, với các tỷ lệ nitơ (N/Cr) tương đương (các Ví dụ 9, 12 và 13), độ bám dính có thể tốt hoặc không tốt. Sự có mặt tương đối nhiều của nitơ có thể ảnh hưởng bất lợi đến độ bám dính, như ở Ví dụ 11. Việc không có mặt của nitơ có thể dẫn đến có độ bám dính tốt (các Ví dụ 4 tới 6, 14 và 15) hoặc không tốt (các Ví dụ 1 tới 3, 7, 8).

Trái lại, tỷ lệ crom đã chứng tỏ là một yếu tố quyết định hơn. Tỷ lệ crom được xác định bằng tỷ lệ Si/Cr, và tỷ lệ N/Cr nếu nitơ có mặt. Tỷ lệ tương đối cao của crom dường như không thích hợp để có độ bám dính tốt (ví dụ, các Ví dụ 1 tới 3). Tỷ lệ tương đối thấp của crom dường như không thích hợp đối với cả sự bám dính của DLC (ví dụ, các Ví dụ 7 và 8).

Do đó, khi tỷ lệ của các thành phần Si/Cr nằm trong khoảng từ 0,35 đến 0,6, thì tất cả các lớp DLC đã được lắng phủ trên các lớp phủ dưới này đều chứng tỏ đã bám dính (các Ví dụ 4, 5, 6, 9, 10, 13, 14 và 15).

Để tạo ra một lớp phủ như nêu trên, thiết bị lắng phủ chân không như được mô tả dưới đây được sử dụng.

Thiết bị lắng phủ chân không này chủ yếu bao gồm buồng lắng phủ, hệ thống bơm, hệ thống gia nhiệt, chúng được tạo kết cấu để bơm và gia nhiệt các chi tiết (nền) và nằm trong buồng lắng phủ, để đẩy nhanh quá trình giải hấp các khí và nhanh chóng tạo ra chân không, được xem là quyết định về mặt chất lượng, trong buồng lắng phủ này.

Thiết bị lắng phủ này còn bao gồm bộ phận mang nền, mà nó phù hợp về mặt hình học, thiên áp và động học, với các chi tiết, hoặc với một phần của các chi tiết cần phủ.

Thiết bị lắng phủ chân không cũng bao gồm hệ thống bắn ion được tạo kết cấu để bắn phá các chi tiết (các nền) cần phủ bằng các ion argon (Ar), nhằm loại bỏ lớp thụ động hóa có mặt trên các nền kim loại cần phủ.

Liên quan tới lớp phủ ta-C, nhiều phương pháp khác nhau để bắn ion có thể thích hợp. Áp dụng tương tự đối với lớp phủ a-C.

Thiết bị lắng phủ chân không cũng bao gồm catôt manhetron, được trang bị cùng với đích crom, để tạo ra các lớp trên cơ sở crom.

Tốt hơn là, hệ thống bắn ion này được tạo kết cấu để hoạt động đồng thời cùng với catôt manhetron. Do vậy, việc kết thúc bắn ion có ưu điểm là tạo phún xạ trước catôt manhetron được trang bị cùng với đích crom.

Do đó, thiết bị này như vậy là đặc biệt có lợi do nó cũng cho phép phủ các lớp phủ loại a-C:H một cách thỏa đáng.

Ví dụ, nguồn cấp plasma như đã được mô tả trong FR 2995493 có thể được sử dụng để thực hiện việc bóc ion một cách có hiệu quả các chi tiết cần phủ và phủ chúng bằng lớp phủ DLC loại ta-C, hoặc a-C, hoặc thậm chí là a-C:H.

Bước lắng phủ lớp phủ dưới, ví dụ, được tạo kết cấu để tạo ra lớp phủ dưới có thành phần như nêu trên.

Bước lắng phủ lớp phủ dưới, ví dụ, còn được tạo kết cấu để tạo ra lớp phủ dưới có độ dày như nêu trên.

Theo ví dụ thực hiện sáng chế, phương pháp này có thể tùy ý bao gồm bước lắng phủ crom kim loại, ví dụ, bước phún xạ crom.

Tùy ý, bước lắng phủ crom kim loại bao gồm bước đưa vào nitơ đồng thời với bước phún xạ crom để tạo ra lớp crom nitrua, ví dụ, CrN hoặc Cr₂N hoặc hợp chất trung gian bất kỳ.

Lớp trên cơ sở crom như vậy, tùy ý cùng với nitơ, được lắng phủ với độ dày vài chục micromét, như nêu trên.

Quá trình lắng phủ này được tiếp tục với việc đưa vào khí silic hữu cơ, tức là khí mang ít nhất là silic, thường là tetrametylsilan (còn được viết tắt là TMS, có công thức (Si(CH₃)₄), mà có thể bao gồm các vết oxygen) là dễ dàng thực hiện nhất, hoặc hỗn hợp gồm silan và hydrocacbon. Mặc dù không phải là duy nhất, song cho đến nay TMS vẫn được ưu tiên sử dụng vì tính bền hóa học tương đối cao của nó và tính dễ bay hơi cao của nó cho phép dễ dàng thực hiện nhờ máy đo lưu lượng.

Trong trường hợp lắng phủ trước lớp trên cơ sở crom (Cr, và/hoặc CrN hoặc Cr₂N), khí silic hữu cơ được đưa vào với tốc độ tăng dần lên tới tốc độ dòng mà ở đó hàm lượng silic của lớp phủ dưới ít nhất bằng khoảng 0,35 lần so với hàm lượng crom của nó và nhiều nhất bằng khoảng 0,60 lần so với hàm lượng crom ở lân cận mặt phân cách. Tỷ lệ giữa hàm lượng cacbon và hàm lượng silic đồng thời nằm trong khoảng từ 2,5 đến 3,5 ở lân cận mặt phân cách.

Khi lớp trên cơ sở crom cùng với nitơ được sử dụng, lượng nitơ được đưa vào có thể giảm dần khi lượng khí silic hữu cơ tăng. Lượng nitơ không nhất thiết phải đưa về không nhưng phải luôn nhỏ hơn đáng kể so với lượng khí silic hữu cơ. Nitơ được đưa vào để tạo ra lớp CrN (hoặc Cr₂N) cũng có thể đột ngột hạ xuống bằng không 0 trước khi đưa vào tiền chất silic hữu cơ. Tuy nhiên, phương án giảm dần nitơ là được ưu tiên vì nó cho phép chuyển tiếp dần nitơ trong lớp phủ dưới.

Ví dụ, đối với lớp CrN, thì trị số N/Cr bằng 1 chẳng hạn và do đó lượng nitơ có thể được xem là dư. Đối với lớp Cr₂N, thì trị số N/Cr bằng 0,5 chẳng hạn và trong trường hợp như vậy, tỷ lệ này có thể được duy trì.

Trong quá trình tạo ra các lớp mỏng khác nhau trong chân không như đã nêu trên (lớp trên cơ sở crom, lớp phủ dưới hoặc lớp phủ DLC, chẳng hạn), thiên áp của bộ phận mang nền nói chung được thiết lập nằm trong khoảng từ -50V đến -100V (vôn).

Tốt hơn, nếu áp suất riêng phần của agon trong quá trình lắng phủ các lớp này nằm trong khoảng từ 0,2Pa đến 0,4Pa.

Khi tốc độ dòng khí silic hữu cơ đạt mức cần thiết, nguồn cấp điện cho catot manhetron được ngắt, các khí phản ứng (tức là nó đến khí silic hữu cơ, hoặc khí silic hữu cơ và nitơ theo sáng chế này) bị dừng lại. Tốc độ dòng agon, nếu được cấp, được giảm xuống mức thấp hoặc thậm chí bằng 0, để bắt đầu quá trình lắng phủ ta-C nhờ sử dụng nguồn cấp hồ quang, hoặc lắng phủ a-C.

Yêu cầu bảo hộ

1. Chi tiết bao gồm nền kim loại, lớp phủ cacbon vô định hình không được hydro hóa, loại ta-C hoặc thậm chí là loại a-C, phủ trên nền này, và một lớp phủ dưới trên cơ sở crom (Cr), cacbon (C) và silic (Si) nằm giữa nền kim loại và lớp phủ cacbon vô định hình và lớp phủ cacbon vô định hình được phủ trên lớp phủ dưới, khác biệt ở chỗ, lớp phủ dưới này có các tỷ lệ nguyên tử dưới đây ở mặt phân cách với lớp phủ cacbon vô định hình:

- tỷ lệ giữa hàm lượng silic và hàm lượng crom (Si/Cr) nằm trong khoảng từ 0,35 đến 0,60, và

- tỷ lệ giữa hàm lượng cacbon và hàm lượng silic (Si/Cr) nằm trong khoảng từ 2,5 đến 3,5.

2. Chi tiết theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, tỷ lệ giữa hàm lượng silic (Si) và hàm lượng crom (Cr) (Si/Cr) của lớp phủ dưới nằm trong khoảng từ 0,38 đến 0,6.

3. Chi tiết theo điểm 1 hoặc 2, khác biệt ở chỗ, tỷ lệ giữa hàm lượng cacbon (C) và hàm lượng silic (Si) (Si/Cr) của lớp phủ dưới nằm trong khoảng từ 2,8 đến 3,2, hoặc thậm chí nằm trong khoảng từ 2,9 đến 3,1.

4. Chi tiết theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 3, khác biệt ở chỗ, lớp phủ dưới còn bao gồm các nguyên tử nitơ (N), tỷ lệ giữa hàm lượng nitơ và hàm lượng crom (N/Cr) nhỏ hơn 0,70 ở mặt phân cách giữa lớp phủ dưới và lớp phủ cacbon vô định hình.

5. Chi tiết theo điểm 4, khác biệt ở chỗ, tỷ lệ giữa hàm lượng nitơ và hàm lượng crom (N/Cr) nằm trong khoảng từ 0,26 đến 0,70 và tỷ lệ giữa hàm lượng silic và hàm lượng crom (Si/Cr) nằm trong khoảng từ 0,40 đến 0,55 ở mặt phân cách giữa lớp phủ dưới và lớp phủ cacbon vô định hình.

6. Chi tiết theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 5, khác biệt ở chỗ, lớp phủ dưới có độ dày nhỏ hơn hoặc bằng $1,1\mu\text{m}$, như nằm trong khoảng từ $0,2\mu\text{m}$ đến $1,1\mu\text{m}$, tốt hơn là nằm trong khoảng từ $0,3\mu\text{m}$ đến $0,6\mu\text{m}$.
7. Chi tiết theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 6, khác biệt ở chỗ lớp phủ cacbon vô định hình có độ dày bằng hoặc lớn hơn $0,3\mu\text{m}$, hoặc thậm chí là bằng hoặc lớn hơn $0,5\mu\text{m}$, hoặc có thể là bằng hoặc lớn hơn $1\mu\text{m}$.
8. Chi tiết theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 7, khác biệt ở chỗ lớp phủ cacbon vô định hình có độ dày nằm trong khoảng từ $1,5\mu\text{m}$ đến $3,5\mu\text{m}$.
9. Chi tiết theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 8, khác biệt ở chỗ, nó còn bao gồm lớp trên cơ sở crom được lắng phủ trên nền và trên lớp trên cơ sở crom này lớp phủ dưới được tạo ra, lớp trên cơ sở crom này là lớp crom (Cr) và/hoặc lớp crom nitrua, như CrN hoặc Cr_2N , hoặc hợp chất trung gian bất kỳ.
10. Chi tiết theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 9, khác biệt ở chỗ, lớp trên cơ sở crom có độ dày vài chục micromét, tốt hơn là có độ dày nhỏ hơn hoặc bằng $1\mu\text{m}$, hoặc thậm chí nhỏ hơn hoặc bằng $0,6\mu\text{m}$, như nằm trong khoảng từ $0,1\mu\text{m}$ đến $0,5\mu\text{m}$, hoặc thậm chí nằm trong khoảng từ $0,3\mu\text{m}$ đến $0,5\mu\text{m}$.