

# Procédé de Synthèse de diamant à partir du Graphite

Cet article décrit le procédé de Synthèse de micropoudres de diamant par gravure du graphite au micro-ondes plasma d'hydrogène.

## Principe

Les micro-poudres de diamant ont été synthétisées par dépôt chimique en phase vapeur par gravure d'un substrat de graphite dans un plasma micro-onde d'hydrogène, sans ajout d'hydrocarbure (méthane). La température du graphite, variant de 700 à 1000 ° C, s'est révélée avoir un pouvoir affectant significativement la nucléation et la croissance du diamant, le taux de croissance des particules de diamant augmentant de 2,4 à 4  $\mu\text{m} / \text{h}$  avec la température. Les poudres de diamant avaient une meilleure qualité cristalline à la température du substrat de 900 ° C. En raison de la faible adhérence du grain déposé sur le substrat, les particules peuvent être collectées facilement et désagrégées mécaniquement. La taille moyenne de 12  $\mu\text{m}$  des particules dispersées cultivées pendant 5 heures a été déterminée à l'aide d'un analyseur granulométrique laser, tandis que la taille maximale des grains estimée par microscopie électronique variait entre 12 et 20  $\mu\text{m}$ . La surface de la particule présentait de nombreuses micropyramides avec des pointes acérées, ce qui pourrait être bénéfique pour les applications abrasives. La diffraction des rayons X et la spectroscopie Raman ont révélé une pureté et une qualité élevées des poudres de diamant.

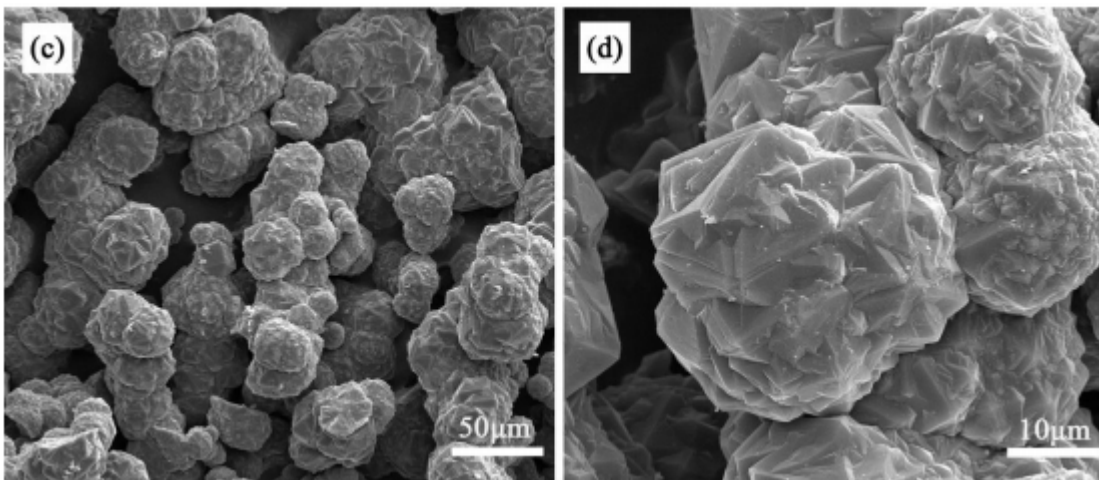
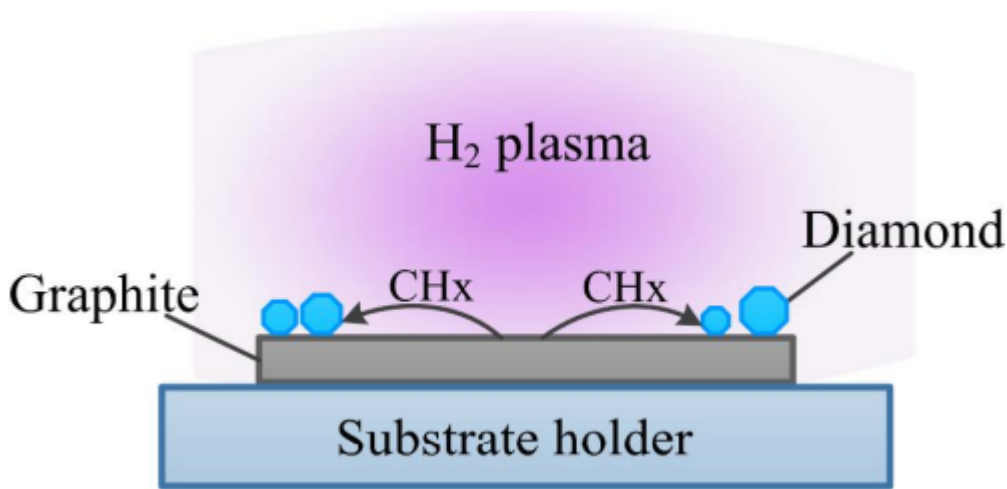


Figure. Images SEM à faible grossissement (gauche) et grossissement plus élevé (droite) des poudres de diamant cultivées sur la feuille de graphite exposée au plasma d'hydrogène à  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  (c), (d)

## Description du procédé

Les micropoudres de diamant sont largement utilisées dans de nombreux domaines, allant des machines utilisées dans l'industrie spatiale. Le polissage des céramiques, les alliages durs non ferreux, les matériaux composites sont essentiellement basés sur l'utilisation des poudres de diamant comme superabrasifs. Les méthodes de préparation des poudres de diamant comprennent la synthèse haute pression haute température (HPHT), la déposition chimique en phase vapeur (CVD) et la technique de détonation explosive.

Bien que la méthode HPHT constitue actuellement la principale technologie de production industrielle pour les poudres de diamant, la technique CVD permet le développement de poudres de diamant de haute pureté, des films et de gros cristaux. Dans le procédé CVD, un mélange méthane-hydrogène gazeux est dissocié soit thermiquement soit dans un plasma en radicaux, qui forment du diamant sur une surface de substrat chaude. Avec les exigences croissantes de morphologie et de pureté des poudres de diamant pour le broyage fin et la production de composites superdurs, les poudres de diamant CVD ont suscité un grand intérêt en raison de la plus faible densité de défauts dans ce matériau.

Plusieurs groupes ont montré des poudres de diamant à facettes bien préparées avec une source de carbone gazeux. Teng et al. ont démontré une amélioration significative de la structure du grain de diamant HPHT après le dépôt de diamant du revêtement CVD en utilisant un système CVD à filament chaud (HFCVD), avec l'intention d'éliminer les défauts de surface des particules de diamant. Chung et al. ont rapporté des micropoudres de diamant cultivées par HFCVD. Zhang et al. la poudre de diamant fabriquée avec la morphologie et la taille bien définies dans les mélanges de  $\text{CH}_4 / \text{H}_2$  avec un réacteur de HFCVD, où les diamants synthétiques de HPHT ont été utilisés comme graines de diamant. Beaucoup plus rarement un précurseur de carbone à l'état solide est employé dans la croissance de diamant CVD.

Spitsyn et al. utilisaient systématiquement du graphite exposé à l'hydrogène à haute température, pour produire des hydrocarbures transportés plus loin vers un substrat afin de déposer des films de diamant. Silva et al. ont utilisé une plaque de graphite comme source de carbone pour synthétiser un film de diamant sur un substrat de Si dans un système HFCVD, utilisant des graines de diamant pour augmenter la vitesse de nucléation du diamant et former un film plutôt que des particules isolées. Puisque la nucléation spontanée du diamant est difficile sur tout substrat étranger, la procédure

d'ensemencement est obligatoire pour obtenir un film de diamant microcristallin continu.

Shin et al. ont rapporté un taux de croissance élevé dans le système HFCVD dans un gaz sans addition de méthane, en utilisant uniquement un précurseur de carbone graphite gravé par l'hydrogène. D'un autre côté, Li et al. ont étudié la nucléation spontanée du diamant sur un substrat de graphite en utilisant un système HFCVD et un gaz source  $\text{CH}_4 - \text{H}_2$ . Ils ont trouvé la préférence pour la nucléation des bords de la feuille de graphite, comme cela a été soutenu par une considération théorique. Nous rapportons ici une approche combinée en utilisant une feuille de graphite polycristallin comme source de carbone et le substrat, pour produire des poudres de micro-diamant par CVD plasma micro-ondes (MPCVD) en utilisant l'hydrogène comme seul gaz d'alimentation. Les particules de diamant isolées sont déposées sur le substrat à la suite du graphite gravé par le plasma d'hydrogène. Nous avons étudié l'effet de la température de croissance sur la morphologie et la pureté des poudres de diamant produites.

Le système  $\text{H}_2$  / graphite pourrait être un moyen rentable et facile de faire pousser du diamant de haute qualité.

Source : [Science Direct](#) Diamond micropowder synthesis via graphite etching in a microwave hydrogen plasma.

---

## [Rayons Atomiques \(Données\)](#)

Le rayon atomique d'un élément chimique est la distance entre le centre du noyau et la couche la plus externe de l'électron. Puisque la frontière n'est pas une entité physique bien définie, il existe diverses définitions non équivalentes du

rayon atomique. Selon la définition, le terme peut s'appliquer seulement aux atomes isolés, ou aussi aux atomes dans la matière condensée, liés de manière covalente dans les molécules, ou dans les états ionisés et excités; et sa valeur peut être obtenue par des mesures expérimentales ou calculées à partir de modèles théoriques. Sous certaines définitions, la valeur du rayon peut dépendre de l'état et du contexte de l'atome.

Les rayons atomiques varient d'une manière prévisible et explicable à travers le tableau périodique. Par exemple, les rayons diminuent généralement vers la droite le long de chaque période (rangée) de la table, des métaux alcalins aux gaz nobles; et augmentent pour chaque groupe (colonne). Le rayon augmente brusquement entre le gaz noble à la fin de chaque période et le métal alcalin au début de la période suivante. Ces tendances des rayons atomiques (et de diverses autres propriétés chimiques et physiques des éléments) peuvent être expliquées par la théorie de la couche d'électrons de l'atome; ils ont fourni des preuves importantes pour le développement et la confirmation de la théorie quantique.

## Rayons atomiques

Toutes les mesures données sont en picomètres (pm). Pour des données plus récentes sur les rayons covalents.

numéro atomique	symbole	prénom	empirique †	Calculé	van der Waals	Covalent (liaison simple)	Covalent (triple liaison)	Métallique
1	H	hydrogène	25	53	120	38	pas de données	
2	He	hélium	120	31	140	32	pas de données	
3	Li	lithium	145	167	182	134	pas de données	152
4	Be	béryllium	105	112	153 <sup>a</sup>	90	85	112
5	B	bore	85	87	192 <sup>a</sup>	82	73	
6	C	carbone	70	67	170	77	60	
7	N	azote	65	56	155	75	54	
8	O	oxygène	60	48	152	73	53	

numéro atomique	symbole	prénom	empirique †	Calculé	van der Waals	Covalent (liaison simple)	Covalent (triple liaison)	Métallique
9	F	fluor	50	42	147	71	53	
dix	Ne	néon	160	38	154	69	pas de données	
11	N / a	sodium	180	190	227	154	pas de données	186
12	Mg	magnésium	150	145	173	130	127	160
13	Al	aluminium	125	118	184 <sup>a</sup>	118	111	143
14	Si	silicium	110	111	210	111	102	
15	P	phosphore	100	98	180	106	94	
16	S	soufre	100	88	180	102	95	
17	Cl	chlore	100	79	175	99	93	
18	Ar	argon	71	71	188	97	96	
19	K	potassium	220	243	275	196	pas de données	227
20	Californie	calcium	180	194	231 <sup>a</sup>	174	133	197
21	Sc	scandium	160	184	211 <sup>a</sup>	144	114	162 <sup>b</sup>
22	Ti	titane	140	176	pas de données	136	108	147
23	V	vanadium	135	171	pas de données	125	106	134 <sup>b</sup>
24	Cr	chrome	140	166	pas de données	127	103	128 <sup>b</sup>
25	Mn	manganèse	140	161	pas de données	139	103	127 <sup>b</sup>
26	Fe	le fer	140	156	pas de données	125	102	126 <sup>b</sup>
27	Co	cobalt	135	152	pas de données	126	96	125 <sup>b</sup>
28	Ni	nickel	135	149	163	121	101	124 <sup>b</sup>
29	Cu	cuivre	135	145	140	138	120	128 <sup>b</sup>
30	Zn	zinc	135	142	139	131	pas de données	134 <sup>b</sup>
31	Géorgie	gallium	130	136	187	126	121	135 <sup>c</sup>
32	Ge	germanium	125	125	211 <sup>a</sup>	122	114	
33	Comme	arsenic	115	114	185	119	106	
34	Se	sélénium	115	103	190	116	107	
35	Br	brome	115	94	185	114	110	
36	Kr	krypton	pas de données	88	202	110	108	
37	Rb	rubidium	235	265	303 <sup>a</sup>	211	pas de données	248
38	Sr	strontium	200	219	249 <sup>a</sup>	192	139	215
39	Y	yttrium	180	212	pas de données	162	124	180 <sup>b</sup>
40	Zr	zirconium	155	206	pas de données	148	121	160

numéro atomique	symbole	prénom	empirique †	Calculé	van der Waals	Covalent (liaison simple)	Covalent (triple liaison)	Métallique
41	Nb	niobium	145	198	pas de données	137	116	146 <sup>b</sup>
42	Mo	molybdène	145	190	pas de données	145	113	139 <sup>b</sup>
43	Tc	technétium	135	183	pas de données	156	110	136 <sup>b</sup>
44	Ru	ruthénium	130	178	pas de données	126	103	134 <sup>b</sup>
45	Rh	rhodium	135	173	pas de données	135	106	134 <sup>b</sup>
46	Pd	palladium	140	169	163	131	112	137 <sup>b</sup>
47	Ag	argent	160	165	172	153	137	144 <sup>b</sup>
48	CD	cadmium	155	161	158	148	pas de données	151 <sup>b</sup>
49	Dans	indium	155	156	193	144	146	167
50	Sn	étain	145	145	217	141	132	
51	Sb	antimoine	145	133	206 <sup>a</sup>	138	127	
52	Te	tellure	140	123	206	135	121	
53	je	iode	140	115	198	133	125	
54	Xe	xénon	pas de données	108	216	130	122	
55	Cs	césium	260	298	343 <sup>a</sup>	225	pas de données	265
56	Ba	baryum	215	253	268 <sup>a</sup>	198	149	222
57	La	lanthane	195	pas de données	pas de données	169	139	187 <sup>b</sup>
58	Ce	cérium	185	pas de données	pas de données	pas de données	131	181,8 <sup>c</sup>
59	Pr	praséodyme	185	247	pas de données	pas de données	128	182,4 <sup>c</sup>
60	Nd	néodyme	185	206	pas de données	pas de données	pas de données	181,4 <sup>c</sup>
61	Pm	prométhium	185	205	pas de données	pas de données	pas de données	183,4 <sup>c</sup>
62	Sm	samarium	185	238	pas de données	pas de données	pas de données	180,4 <sup>c</sup>
63	UE	europium	185	231	pas de données	pas de données	pas de données	180,4 <sup>c</sup>
64	Gd	gadolinium	180	233	pas de données	pas de données	132	180,4 <sup>c</sup>
65	Tb	terbium	175	225	pas de données	pas de données	pas de données	177,3 <sup>c</sup>
66	Dy	dysprosium	175	228	pas de données	pas de données	pas de données	178,1 <sup>c</sup>
67	Ho	holmium	175	pas de données	pas de données	pas de données	pas de données	176,2 <sup>c</sup>
68	Er	erbium	175	226	pas de données	pas de données	pas de données	176,1 <sup>c</sup>

numéro atomique	symbole	prénom	empirique †	Calculé	van der Waals	Covalent (liaison simple)	Covalent (triple liaison)	Métallique
69	Tm	thulium	175	222	pas de données	pas de données	pas de données	175,9 <sup>c</sup>
70	Yb	ytterbium	175	222	pas de données	pas de données	pas de données	176 <sup>c</sup>
71	Lu	lutécium	175	217	pas de données	160	131	173,8 <sup>c</sup>
72	Hf	hafnium	155	208	pas de données	150	122	159
73	Ta	tantale	145	200	pas de données	138	119	146 <sup>b</sup>
74	W	tungstène	135	193	pas de données	146	115	139 <sup>b</sup>
75	Ré	rhénium	135	188	pas de données	159	110	137 <sup>b</sup>
76	Os	osmium	130	185	pas de données	128	109	135 <sup>b</sup>
77	Ir	iridium	135	180	pas de données	137	107	135.5 <sup>b</sup>
78	Pt	platine	135	177	175	128	110	138.5 <sup>b</sup>
79	Au	or	135	174	166	144	123	144 <sup>b</sup>
80	Hg	Mercure	150	171	155	149	pas de données	151 <sup>b</sup>
81	Tl	thallium	190	156	196	148	150	170
82	Pb	conduire	180	154	202	147	137	
83	Bi	bismuth	160	143	207 <sup>a</sup>	146	135	
84	Po	polonium	190	135	197 <sup>a</sup>	pas de données	129	
85	À	astatine	pas de données	pas de données	202 <sup>a</sup>	pas de données	138	
86	Rn	radon	pas de données	120	220 <sup>a</sup>	145	133	
87	Fr	francium	pas de données	pas de données	348 <sup>a</sup>	pas de données	pas de données	pas de données
88	Ra	radium	215	pas de données	283 <sup>a</sup>	pas de données	159	pas de données
89	Ac	actinium	195	pas de données	pas de données	pas de données	140	
90	Th	thorium	180	pas de données	pas de données	pas de données	136	179 <sup>b</sup>
91	Pennsylvanie	protactinium	180	pas de données	pas de données	pas de données	129	163 <sup>d</sup>
92	U	uranium	175	pas de données	186	pas de données	118	156 <sup>e</sup>
93	Np	neptunium	175	pas de données	pas de données	pas de données	116	155 <sup>e</sup>
94	Pu	plutonium	175	pas de données	pas de données	pas de données	pas de données	159 <sup>e</sup>
95	Un m	l'américium	175	pas de données	pas de données	pas de données	pas de données	173 <sup>b</sup>





---

# L'effet Meissner (magnétisme et les supraconducteurs)

L'effet Meissner est l'expulsion d'un champ magnétique d'un supraconducteur au cours de sa transition vers l'état supraconducteur. Les physiciens allemands Walther Meissner et Robert Ochsenfeld ont découvert ce phénomène en 1933 par la mesure de la distribution du champ magnétique à l'extérieur supraconducteur d'étain et des échantillons de plomb

Meissner, W; R. Ochsenfeld (1933). « [Ein neuer Effekt bei der Eintritt Supraleitfähigkeit](#) » .*Naturwissenschaften* . **21** (44) :. 787-788

Les échantillons, en présence d'un champ magnétique appliqué, ont été refroidis en dessous de leur température de transition supraconductrice. A une température inférieure à la température de transition, les échantillons excluent presque tous les champs magnétiques intérieurs. Ils ont détecté cet effet de manière indirecte, car le flux magnétique est conservée par un supraconducteur: lorsque le champ intérieur diminue, le champ extérieur augmente. L'expérience a démontré pour la première fois que les supraconducteurs étaient plus que des conducteurs parfaits et ont fourni une propriété unique qui définit l'état supraconducteur.

## **Le diamagnétisme parfait**

Supraconducteurs dans l'état Meissner présentent un diamagnétisme parfait, ou superdiamagnétisme, ce qui signifie que le champ magnétique total est très proche de zéro au fond d'eux (beaucoup de profondeurs de pénétration à la surface).

Cela signifie que leur susceptibilité magnétique,  $\chi_v = -1$ . Les Diamagnétiques sont définis par la génération d'une

aimantation spontanée d'un matériau qui s'oppose directement à la direction d'un champ appliqué. Cependant, les origines fondamentales du diamagnétisme dans les supraconducteurs et les matériaux normaux sont très différents. Dans les matériaux normaux, le diamagnétisme se présente comme une conséquence directe de la rotation orbitale des électrons sur les noyaux d'un atome induite électromagnétiquement par l'application d'un champ magnétique. Dans superconducteurs le conecept du diamagnétisme parfait provient de courants de dépistage persistants qui s'opposent au champ appliqué (effet Meissner); pas seulement le spin de l'orbital.

---

## Les ondes acoustiques déplacent les fluides à l'échelle nanométrique

Une équipe d'ingénieurs spécialisés en mécanique des fluides a utilisé avec succès des ondes acoustiques pour déplacer des fluides à travers de petits canaux à l'échelle nanométrique. La percée est une première étape vers la fabrication de petits appareils portables qui pourraient être utilisés pour la découverte de nouvelles substances d'intérêt thérapeutique et les applications de microrobotiques. Les dispositifs pourraient être intégrés dans un laboratoire sur une puce pour trier des cellules, déplacer des liquides, manipuler des particules et détecter d'autres composants biologiques. Par exemple, il pourrait être utilisé pour filtrer un large éventail de particules, telles que des bactéries, pour effectuer un diagnostic rapide.

Les chercheurs détaillent leurs conclusions dans le numéro du 14 Novembre de la revue « Advanced Functional Materials ». C'est la première fois que des ondes acoustiques sont utilisées à l'échelle nanométrique.

## La nanofluidique

Le domaine de la nanofluidique étudie les mouvements d'un fluide à travers canaux qui sont 1000 fois plus petit que la largeur d'un cheveu, a déclaré James Friend, professeur et expert en sciences des matériaux à l'école Jacobs de l'ingénierie à UC San Diego. Les méthodes actuelles exigent un équipement volumineux et coûteux ainsi que des températures trop élevées. Le déplacement d'un fluide dans un canal de quelques nanomètres de hauteur nécessite des pressions allant jusqu'à 1 mégapascal, ou l'équivalent de 10 atmosphères.

Les chercheurs supervisés par Friend avaient essayé d'utiliser des ondes acoustiques pour déplacer les fluides à l'échelle nanométrique pendant plusieurs années. Ils voulaient également faire cela avec un dispositif qui pourrait être fabriqué à température ambiante.

Après une année d'expérimentation, le chercheur post-doctoral Morteza Miansari, maintenant à Stanford, a pu construire un dispositif en niobate de lithium avec des canaux à l'échelle nanométrique où les fluides peuvent être déplacés par des ondes acoustiques de surface. Cela a été rendu possible par une nouvelle méthode Miansari développé pour lier le matériau à lui-même à température ambiante. La méthode de fabrication peut être facilement mise au point, ce qui permettrait de réduire les coûts de fabrication. La construction d'un appareil coûterait \$1000, mais la construction de 100 000 permettrait de réduire le prix à \$1 chacun.

Le dispositif est compatible avec les matériaux biologiques, les cellules et les molécules.

Les chercheurs ont utilisé des ondes acoustiques avec une fréquence de 20 mégahertz pour manipuler des fluides, des gouttelettes et des particules dans des nanoslits de 50 à 250 nanomètres de hauteur. Pour remplir les canaux, les chercheurs ont appliqué les ondes acoustiques dans la même direction que le fluide se déplaçant dans les canaux. Pour drainer les canaux, les ondes sonores ont été appliquées dans la direction opposée.

En modifiant la hauteur des canaux, le dispositif pourrait être utilisé pour filtrer une large gamme de particules, jusqu'à de grandes biomolécules telles que ARNsi, qui ne rentreraient pas dans les fentes. Essentiellement, les ondes acoustiques entraîneraient des fluides contenant les particules dans ces canaux. Mais pendant que le fluide passerait, les particules seraient laissées en arrière et formeraient une masse sèche. Cela pourrait être utilisé pour un diagnostic rapide sur le terrain.