

Deskripsi

METODE UNTUK PENUMBUHAN MATERIAL CARBON NANOTUBES (CNT)

5

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini berhubungan dengan metode untuk penumbuhan material *carbon nanotubes* (CNT) di atas substrat silikon (Si) dengan proses *pyrolysis* untuk mendapatkan struktur tabung berukuran
10 nanometer secara berdiri dan berlapis.

Latar Belakang Invensi

Pada saat ini pengembangan nanoteknologi terus dilakukan oleh para peneliti baik di kalangan akademisi maupun industri. Nanoteknologi
15 merupakan ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional maupun piranti dalam skala nanometer.

Salah satu bagian yang menarik banyak peneliti di bidang nanoteknologi adalah pengembangan metode penumbuhan atau pembuatan nanomaterial. Penumbuhan nanomaterial ini berarti
20 pembuatan material dalam ukuran kurang dari 100 nm dengan konsekuensi kemungkinan adanya perubahan sifat maupun fungsinya. Orang semakin berkeyakinan bahwa material berukuran nanometer mempunyai sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran besar (*bulk*). Material ukuran nanometer memiliki
25 sifat-sifat yang lebih kaya karena menghasilkan beberapa sifat yang tidak dimiliki oleh material *bulk*. Lebih menarik lagi bahwa sifat-sifat tersebut dapat diubah-ubah dengan pengontrolan ukuran dan bentuk geometri material, komposisi kimiawi, modifikasi permukaan maupun pengontrolan interaksi antar partikel.

30 Karakteristik unik yang membuat nanomaterial berbeda dengan material dalam ukuran besar adalah ukuran yang kecil menyebabkan nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume menjadi lebih

besar dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Hal ini membuat nanomaterial bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain.

5 Penelitian material skala nanometer mengalami peningkatan yang cukup signifikan dengan ditandai oleh berbagai penemuan baru untuk berbagai aplikasi diantaranya *carbon nanotubes* (CNT). Material *carbon nanotubes* (CNT) pertama kali ditemukan oleh Iijima pada tahun 1991 telah membuka paradigma baru dalam dunia sains material. Material
10 *carbon nanotubes* (CNT) ini memiliki susunan yang luar biasa dalam hal sifat elektronik, magnetik maupun mekaniknya. Material *carbon nanotubes* (CNT) juga dapat meningkatkan kemampuan penyimpanan ion-ion sehingga akan meningkatkan rapat energi maupun rapat daya jika diaplikasikan sebagai superkapasitor.

15 Beberapa metode untuk penumbuhan material *carbon nanotubes* (CNT) telah dilakukan untuk memproduksi dalam skala besar. Ada beberapa metode yang digunakan, antara lain *arc discharge*, *laser ablation*, *chemical vapor deposition* (CVD) maupun *pyrolysis*. Pada metode yang berbasis *arc discharge*, *laser ablation* maupun CVD, biasanya
20 dibutuhkan sistem vakum di dalam pengoperasiannya. Pada metode *pyrolysis* tidak membutuhkan vakum dengan bahan dasar yang digunakan berupa *benzena* sebagai sumber karbon dan *metallocenes* atau *metal chloride* sebagai sumber katalis yang tidak bersifat toksik. Material *carbon nanotubes* (CNT) yang dihasilkan dengan struktur MWNT
25 (*multiwalled nanotubes*) berupa material karbon berbentuk tabung ukuran nano dengan banyaknya dinding tabung lebih dari 1 (satu). Metode ini lebih sederhana dibandingkan dengan metode lainnya dan dapat digunakan untuk memproduksi material *carbon nanotubes* (CNT) dalam skala yang besar.

30 Penemuan ini berhubungan dengan penumbuhan material *carbon nanotubes* (CNT) dengan struktur tabung berdiri dan berlapis di atas substrat silikon menggunakan metode *pyrolysis* dan dapat dimanfaatkan untuk aplikasi superkapasitor. Material *carbon nanotubes* (CNT) memiliki

banyak aplikasi, misalnya untuk membuat divais-divais elektronik seperti transistor CNT-FET, biosensor, superkapasitor, baterai atau penyimpan energi maupun sebagai elektroda pada sistem elektrokimia untuk desalinasi. Material *carbon nanotubes* (CNT) juga memiliki kekuatan
 5 sebesar 100 kali lebih kuat dengan hanya 1/6 beratnya dibandingkan baja, sehingga material ini dapat diaplikasikan untuk memperkuat material apapun. Beberapa metode yang digunakan untuk menghasilkan material *carbon nanotubes* (CNT) berbentuk silinder telah dipatenkan untuk aplikasi filter oil maupun bakteri (US20060027499A1) dan untuk
 10 filter udara (US007074206B2).

Uraian Singkat Invensi

Satu tujuan spesifik dari invensi ini adalah untuk mengungkapkan jenis baru dari metode dan produk yang memungkinkan penumbuhan
 15 material *carbon nanotubes* (CNT). Tujuan lebih lanjut dari invensi ini adalah untuk mengungkapkan suatu material *carbon nanotubes* (CNT). Penggunaannya sebagai material elektroda untuk aplikasi superkapasitor dapat dipadukan dengan material oksida logam seperti TiO_2 , MnO_2 maupun RuO_2 .

20 Bahan dasar yang digunakan berupa *ferrocene* sebagai sumber katalis dan *benzene* sebagai sumber karbon. Adapun silikon (Si) digunakan sebagai substrat untuk tempat tumbuh material *carbon nanotubes* (CNT). Metode untuk penumbuhan material *carbon nanotubes* (CNT) di atas substrat silikon (Si) berlangsung dengan proses *pyrolysis*
 25 dan untuk mendapatkan struktur tabung berukuran nanometer secara berdiri dan berlapis dilakukan pengulangan penginjeksian dengan diberikan waktu jeda diantaranya selama 30 menit untuk setiap lapisan.

Uraian Lengkap Invensi

30 Invensi ini akan diuraikan secara rinci dengan mengacu pada gambar-gambar yang menyertai, dimana:

Gambar 1 merepresentasikan rangkaian peralatan proses yang digunakan dalam metode untuk menumbuhkan material *carbon nanotubes* (CNT).

Gambar 2 merepresentasikan lapisan material *carbon nanotubes* (CNT),

Gambar 3 merepresentasikan ukuran material *carbon nanotubes* (CNT).

Ada beberapa metode untuk penumbuhan *carbon nanotubes* (CNT), salah satunya metode menggunakan proses *pyrolysis* (gambar 1). *Pyrolysis* merupakan salah satu metode sederhana untuk penumbuhan material *carbon nanotubes* (CNT) tanpa sistem vakum. Sistem pemanas atau *furnace* (2) untuk penumbuhan material *carbon nanotubes* (CNT) dirancang dengan memanfaatkan tabung *quartz* (1) sebagai tempat penumbuhan yang berdiameter 3,5 cm dan panjang 100 cm, serta dipasang secara tidak permanen di dalam pemanas atau *furnace* (2) dengan tujuan untuk mempermudah di dalam pengambilan hasil material *carbon nanotubes* (CNT) yang terdapat di dalamnya.

Telah dilakukan studi terhadap temperatur penumbuhan material *carbon nanotubes* (CNT) dengan variasi temperatur proses *pyrolysis*. Gambar 3 menunjukkan citra *scanning electron microscope* (SEM) dari material *carbon nanotubes* (CNT) dengan temperatur masing-masing 700°C (3.a), 800°C (3.b), 900°C (3.c) dan 1000°C (3.d).

Pada temperatur 800 dan 900 °C terlihat bahwa ukuran tabung dari material *carbon nanotubes* (CNT) adalah di bawah 100 nm (sekitar 20–50 nm), sedangkan pada temperatur 700 dan 1000 °C menghasilkan ukuran tabung di atas 100 nm. Khusus untuk temperatur sintesis 1000 °C muncul ketidakseragaman ukuran tabung yang dihasilkan.

Perwujudan lain dari invensi ini dapat dilihat dari tabel 1 yang menunjukkan hasil EDS dari masing-masing material *carbon nanotubes* (CNT) yang dihasilkan pada berbagai temperatur penumbuhan, dimana terdapat perbedaan. Semakin tinggi temperatur proses *pyrolysis* maka kandungan karbon juga meningkat dan kandungan Fe sebagai katalis menjadi berkurang.

Tabel 1

No.	Temperatur Penumbuhan (°C)	Kandungan unsur (%)	
		C	Fe
1.	700	87,93	12,07
2.	800	89,60	10,40
3.	900	89,67	10,33
4.	1000	90,58	9,42

Perwujudan lain dari invensi ini lebih lanjut dapat diketahui bahwa parameter optimum penumbuhan material *carbon nanotubes* (CNT) adalah pada temperatur 900°C dengan ukuran diameter tabung material *carbon nanotubes* (CNT) antara 20-50 nm.

Metode penumbuhan material *carbon nanotubes* (CNT) dicirikan dimana struktur tabung *carbon nanotubes* (CNT) yang berdiri dan berlapis yang meliputi langkah-langkah: menyiapkan prekursor untuk proses penumbuhan *carbon nanotubes* (CNT) dengan mencampurkan 0,6 gram *ferrocene* (98%) ke dalam 10 ml *benzene* (99,7%) pada temperatur kamar, tekanan 1 atm sambil diaduk selama 15 menit; menyimpan prekursor ke dalam tabung injeksi (5); menempatkan substrat silikon (Si) (3) dalam tabung *quartz* (1); melakukan *termal cleaning* dengan mengalirkan gas inert, Nitrogen (N₂) atau Argon (Ar) (4) ke dalam tabung *quartz* (1) sambil menaikkan temperatur furnace (2) dari temperatur kamar ke temperatur penumbuhan 700 - 1000°C; menginjeksi prekursor; dan mengambil produk material *carbon nanotubes* (CNT).

Dalam perwujudan dari invensi ini menginjeksi prekursor ke dalam tabung *quartz* (1) dengan kecepatan injeksi 20-40 ml/jam untuk menghasilkan 1 (satu) lapisan *carbon nanotubes* (CNT) berdiri di atas substrat silikon (Si).

Dalam perwujudan lebih lanjut dari invensi ini menginjeksi selama 15-45 menit pada temperature 900°C akan menghasilkan ketebalan lapisan *carbon nanotubes* (CNT) sebesar 10-30 µm dengan ukuran diameter tabung CNT antara 20-50 nm.

Dalam perwujudan lebih lanjut dari invensi ini penambahan lapisan kedua *carbon nanotubes* (CNT) dapat dilakukan dengan cara yang sama

dengan jeda waktu 30 menit, demikian juga seterusnya untuk lapisan ketiga atau keempat.

Dalam perwujudan lebih lanjut dari invensi ini proses penumbuhan *carbon nanotubes* (CNT) merupakan proses *pyrolysis*.

5

Klaim

1. Metode penumbuhan material *carbon nanotubes* (CNT) dicirikan dimana struktur tabung *carbon nanotubes* (CNT) yang berdiri dan berlapis yang meliputi langkah-langkah:

10

menyiapkan prekursor untuk proses penumbuhan *carbon nanotubes* (CNT) dengan mencampurkan 0,6 gram *ferrocene* (98%) ke dalam 10 ml *benzene* (99,7%) pada temperatur kamar, tekanan 1 atm sambil diaduk selama 15 menit;

15

menyimpan prekursor ke dalam tabung injeksi (5);
menempatkan substrat silikon (Si) (3) dalam tabung *quartz* (1);

melakukan *termal cleaning* dengan mengalirkan gas inert, Nitrogen (N₂) atau Argon (Ar) (4) ke dalam tabung *quartz* (1) sambil menaikkan temperatur furnace (2) dari temperatur kamar ke temperatur penumbuhan 700 - 1000°C;

20

menginjeksi precursor; dan

mengambil produk material *carbon nanotubes* (CNT).

25

2. Metode menurut klaim 1, dicirikan dimana menginjeksi prekursor ke dalam tabung *quartz* (1) dengan kecepatan injeksi 20-40 ml/jam untuk menghasilkan 1 (satu) lapisan *carbon nanotubes* (CNT) berdiri di atas substrat silikon (Si).

30

3. Metode menurut klaim 1, dicirikan dimana menginjeksi selama 15–45 menit akan menghasilkan ketebalan lapisan *carbon nanotubes* (CNT) sebesar 10–30 μm dengan ukuran diameter tabung CNT antara 20-50 nm.
4. Metode menurut klaim 1, dicirikan dimana penambahan lapisan kedua *carbon nanotubes* (CNT) dapat dilakukan dengan cara yang

sama dengan jeda waktu 30 menit, demikian juga seterusnya untuk lapisan ketiga atau keempat.

5. Metode menurut klaim 1, dicirikan dimana proses penumbuhan *carbon nanotubes* (CNT) merupakan proses *pyrolysis*.

5

10

15

20

25

30

Abstrak**METODE UNTUK PENUMBUHAN
MATERIAL CARBON NANOTUBES (CNT)**

5

Invensi ini berhubungan dengan metode untuk penumbuhan material *carbon nanotubes* (CNT) di atas substrat silikon (Si) dengan proses *pyrolysis* untuk mendapatkan struktur tabung berukuran nanometer secara berdiri dan berlapis. Dengan metode tersebut

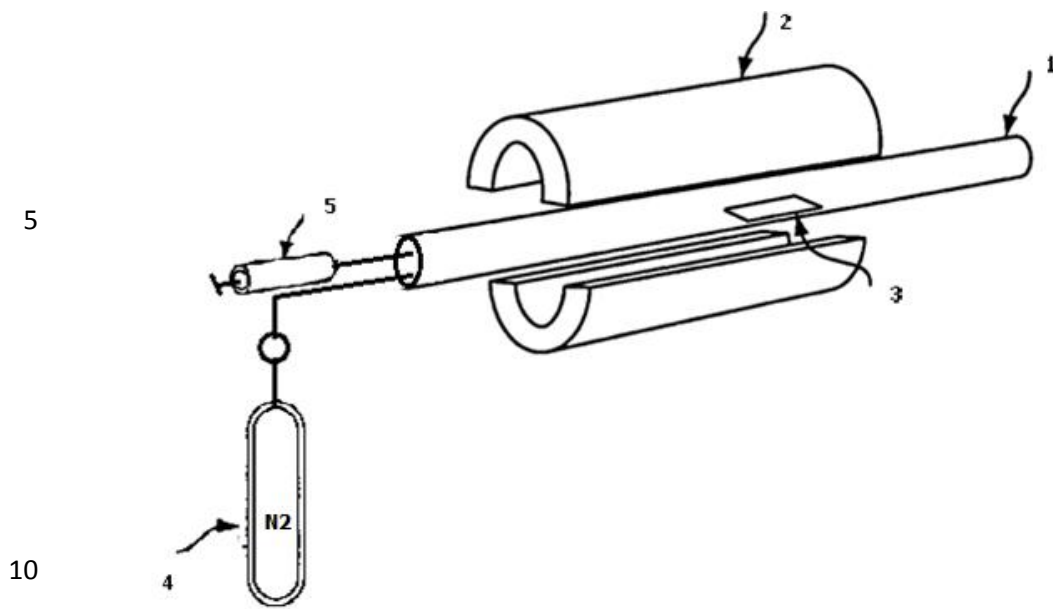
10 penumbuhan material *carbon nanotubes* (CNT) dilakukan selama 15–45 menit akan menghasilkan ketebalan lapisan *carbon nanotubes* (CNT) sebesar 10–30 μm dengan ukuran diameter tabung CNT antara 20–50 nm. Penambahan lapisan kedua *carbon nanotubes* (CNT) dapat dilakukan dengan cara yang sama dengan jeda waktu 30 menit, demikian juga

15 seterusnya untuk lapisan ketiga atau keempat.

20

25

30

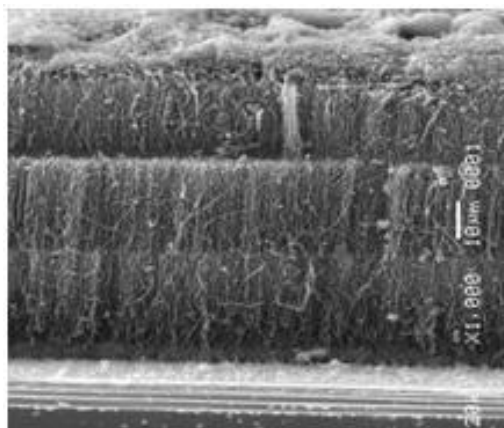


Gambar 1

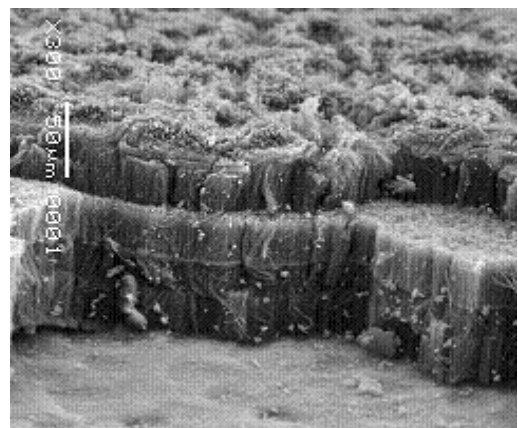
15

20

25



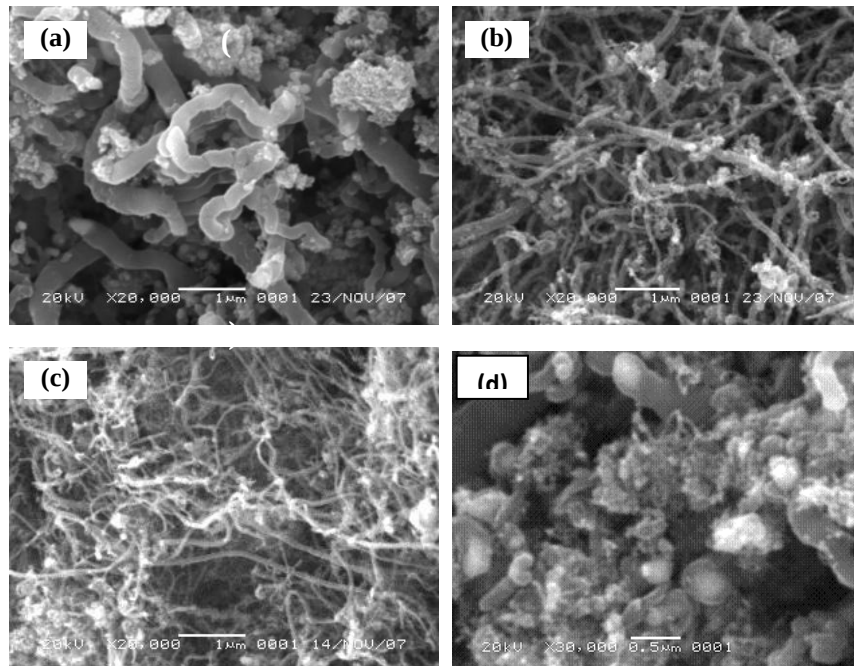
(a)



(b)

Gambar 2

30



Gambar 3