



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ภาคผนวก ก

การหาค่ามอดุลัสยังของนาโนคอมโพสิตเซรามิก

$$E_C = V_{BZT}E_{BZT} + V_{SiCNWs}E_{SiCNWs} \quad (ก-1)$$

$$V_{BZT} = V_{BZT}/(V_{BZT} + V_{SiCNWs}) \quad (ก-2)$$

$$V_{SiCNWs} = V_{SiCNWs}/(V_{BZT} + V_{SiCNWs}) \quad (ก-3)$$

เมื่อ E_C	คือ	ค่ามอดุลัสยังของเซรามิกคอมโพสิตBZT-SiCNWs หาได้จากสมการ (ก-1)
E_{BZT}	คือ	ค่ามอดุลัสยังของBZTเท่ากับ 196.88 และ 297.55 GPa [P. Jalupoom]
E_{SiCNWs}	คือ	ค่ามอดุลัสยังของ SiCNWs เท่ากับ 606 GPa [Pavel B. Sorokin]
V_{BZT}	คือ	สัดส่วนโดยปริมาตรของ BZTหน่วยเป็น cm^3 หาได้จากสมการ (ก-2)
V_{SiCNWs}	คือ	สัดส่วนโดยปริมาตรของSiCNWs หน่วยเป็น cm^3 หาได้จากสมการ (ก-3)

ตาราง ก-1 ค่ามอดุลัสยังของนาโนคอมโพสิตเซรามิก BZT - SiCNWs
ที่ผ่านการเผาซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขที่ 1

(1-x)BZT-xSiCNWs	E (GPa)
BZT	196.89
0.9BZT - 0.1SiCNWs	199.44
0.5BZT - 0.5SiCNWs	209.41
1.0SiCNWs	221.39
3.0SiCNWs	264.55

ตาราง ก-2 ค่ามอดุลัสยังของนาโนคอมโพสิตเซรามิก BZT - SiCNWs
ที่ผ่านการเผาซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขที่ 2

(1-x)BZT-xSiCNWs	E (GPa)
BZT	297.55
0.9BZT - 0.1SiCNWs	299.63
0.5BZT - 0.5SiCNWs	307.80
1.0SiCNWs	317.58
3.0SiCNWs	352.62

ภาคผนวก ข

ข้อมูลดิบในการหาค่าความหนาแน่น ร้อยละการหดตัวเชิงเส้นค่าน้ำหนักที่สูญเสีย

ตาราง ข-1 ข้อมูลดิบการหาค่าความหนาแน่นของนาโนคอมโพสิตเซรามิก BZT - SiCNWs
ที่ผ่านการเผา ซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขที่ 1

(1-x)BZT- xSiCNWs	W ₁	W ₂	W ₃	Density (g/cm ³)	Mean	SD
BZT	1.0610	1.0779	0.8861	5.510	5.51	0.0017
	1.1801	1.2032	0.9900	5.514		
	0.9112	0.9249	0.7601	5.508		
0.9BZT- 0.1SiCNWs	0.9069	0.9078	0.7525	5.817	5.81	0.0027
	0.8954	0.8980	0.7446	5.815		
	0.9436	0.9512	0.7898	5.824		
0.5BZT- 0.5SiCNWs	0.9638	0.9665	0.7938	5.559	5.55	0.0018
	0.8184	0.8197	0.6730	5.557		
	0.8473	0.8502	0.6982	5.553		
1.0SiCNWs	0.7875	0.7928	0.6441	5.275	5.53	0.0427
	0.8531	0.8553	0.6986	5.423		
	0.8430	0.8453	0.6886	5.359		
3.0SiCNWs	0.5497	0.5792	0.4505	4.255	4.37	0.0698
	0.5498	0.5625	0.4407	4.496		
	0.5388	0.5535	0.4307	4.371		

ตาราง ข-2 ข้อมูลดิบการหาค่าความหนาแน่นของนาโนคอมโพสิตเซรามิก BZT - SiCNWs ที่ผ่านการเผา ซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขที่ 2

(1-x)BZT-xSiCNWs	W_1	W_2	W_3	Density (g/cm ³)	Mean	SD
BZT	0.7206	0.7213	0.596	5.750	5.77	0.0121
	0.7409	0.7411	0.6132	5.792		
	0.741	0.7415	0.6132	5.775		
0.9BZT-0.1SiCNWs	0.7402	0.7421	0.6117	5.676	5.68	0.0062
	0.7298	0.7313	0.6031	5.692		
	0.7429	0.7444	0.614	5.697		
0.5BZT-0.5SiCNWs	0.7389	0.7459	0.6061	5.285	5.23	0.0293
	0.7673	0.774	0.626	5.184		
	0.6538	0.6548	0.53014	5.244		
1.0SiCNWs	0.6754	0.6767	0.5467	5.195	5.15	0.0249
	0.7082	0.7131	0.5759	5.161		
	0.6525	0.6605	0.5328	5.109		
3.0SiCNWs	0.6475	0.6526	0.5209	4.916	4.98	0.0558
	0.5809	0.586	0.472	5.095		
	0.5012	0.5119	0.4105	4.942		

หมายเหตุ W_1 = น้ำหนักของเซรามิกหลังจากอบแห้ง หน่วย กรัม (g)
 W_2 = น้ำหนักของเซรามิกที่ชั่งในอากาศ หน่วย กรัม (g)
 W_3 = น้ำหนักของเซรามิกที่ชั่งในอากาศ หน่วย กรัม (g)

ตาราง ข-3 ข้อมูลดิบการหาค่าร้อยละการหดตัวเชิงเส้นของนาโนคอมโพสิตเซรามิก BZT - SiCNWs ที่ผ่านการเผา ซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขที่ 1

(1-x)BZT-xSiCNWs	D_b (cm)	D_s (cm)	Shrinkage (%)	mean	SD
BZT	1.5	1.277	14.866	14.93	0.03
	1.5	1.275	15		
	1.5	1.276	14.933		
0.9BZT-0.1SiCNWs	1.5	1.274	15.066	15.26	0.31
	1.5	1.262	15.866		
	1.5	1.277	14.866		
0.5BZT-0.5SiCNWs	1.5	1.264	15.733	15.8	0.44
	1.5	1.274	15.066		
	1.5	1.251	16.6		
1.0SiCNWs	1.5	1.263	15.8	16.33	0.26
	1.5	1.25	16.666		
	1.5	1.252	16.533		
3.0SiCNWs	1.5	1.231	17.933	17.4	0.27
	1.5	1.241	17.266		
	1.5	1.245	17		

ตาราง ข-4 ข้อมูลดิบการหาค่าร้อยละการหดตัวเชิงเส้นของนาโนคอมโพสิตเซรามิก

BZT - SiCNWs ที่ ผ่านการเผาซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขที่ 2

(1-x)BZT-xSiCNWs	D_b (cm)	D_s (cm)	Shrinkage (%)	mean	SD
BZT	1.5	1.361	9.266	10.8	0.76
	1.5	1.328	11.466		
	1.5	1.325	11.666		
0.9BZT-0.1SiCNWs	1.5	1.252	16.533	16.37	0.22
	1.5	1.25	16.666		
	1.5	1.261	15.933		
0.5BZT-0.5SiCNWs	1.5	1.257	16.2	16.97	0.46
	1.5	1.246	16.933		
	1.5	1.233	17.8		
1.0SiCNWs	1.5	1.229	18.066	17.88	0.14
	1.5	1.236	17.6		
	1.5	1.23	18		
3.0SiCNWs	1.5	1.187	20.866	20.64	0.29
	1.5	1.199	20.066		
	1.5	1.185	21		

หมายเหตุ D_b =ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกึ่งกลางของเซรามิกก่อนเผาซินเตอร์ หน่วย cm

D_s =ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกึ่งกลางของเซรามิกหลังเผาซินเตอร์ หน่วย cm

ตาราง ข-5 ข้อมูลดิบการหาค่าน้ำหนักที่สูญเสียของนาโนคอมโพสิตเซรามิก BZT - SiCNWs ที่ผ่านการเผาซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขที่ 1

(1-x)BZT-xSiC NWs	W_1 (g)	W_2 (g)	Weight loss (%)	mean	SD
BZT	2.0459	2.036	0.4838	0.51	0.25
	1.4002	1.3865	0.9784		
	1.5011	1.4998	0.0866		
0.9BZT-0.1SiCNWs	2.1451	2.058	4.0604	4.06	0.33
	2.091	2.018	3.4911		
	2.2451	2.141	4.6367		
0.5BZT-0.5SiCNWs	2.0098	1.9073	5.1	4.69	0.23
	1.9906	1.9052	4.2901		
	2.1057	2.0068	4.6967		
1.0SiCNWs	2.0629	1.8466	10.4852	8.81	0.58
	2.0203	1.8531	8.2759		
	2.0561	1.898	7.6893		
3.0SiCNWs	2.0371	1.4582	28.4178	27.06	0.78
	1.9575	1.4543	25.7062		
	1.9678	1.4353	27.0606		

ตาราง ข-6 ข้อมูลดิบการหาค่าน้ำหนักที่สูญเสียของนาโนคอมโพสิตเซรามิกBZT - SiCNWs
ที่ผ่านการเผาซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขที่ 2

(1-x)BZT- xSiC NWs	W_1 (g)	W_2 (g)	Weight loss (%)	mean	SD
BZT	2.0459	2.0360	0.4838	0.56	0.04
	1.9860	1.9731	0.6495		
	2.0124	2.0011	0.5615		
0.9BZT- 0.1SiCNWs	2.03	1.9638	3.2610	3.26	0.14
	2.0148	1.9539	3.0226		
	2.0547	1.9825	3.5138		
0.5BZT- 0.5SiCNWs	1.98	1.9501	1.5101	3.58	1.19
	2.0827	1.9647	5.6657		
	2.0145	1.9426	3.5691		
1.0SiCNWs	2.0002	1.8357	8.2241	8.36	0.1
	1.99	1.8243	8.3266		
	1.9520	1.7850	8.5553		
3.0SiCNWs	1.9550	1.3756	29.6368	27.71	2.13
	1.7680	1.2366	30.0565		
	1.7280	1.3225	23.4664		

หมายเหตุ W_1 = น้ำหนักของเซรามิกก่อนเผาซินเตอร์ หน่วย กรัม (g)
 W_2 = น้ำหนักของเซรามิกหลังเผาซินเตอร์ หน่วย กรัม (g)

ภาคผนวก ค

ข้อมูลดิบในการหาค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส ร้อยละการหดตัวเชิงเส้นค่าน้ำหนักที่สูญเสีย

ตาราง ค-1 ข้อมูลดิบการหาค่าความแข็งแบบวิกเกอร์สนาโนคอมโพสิตเซรามิกผ่านการ

เผาซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขที่ 1

(1-x)BZT-xSiC NWs	No.	d (μm)	P (N)	H_V (GPa)	Mean	SD
BZT	1	38.49	2	3.59	3.46	0.09
	2	38.99	2	3.51		
	3	40.30	2	3.28		
0.9BZT-0.1SiC NWs	1	29.82	2	5.99	6.40	0.42
	2	29.91	2	5.95		
	3	27.12	2	7.24		
0.5BZT-0.5SiC NWs	1	32.05	2	5.19	5.39	0.40
	2	29.40	2	6.16		
	3	33.25	2	4.82		
1.0SiCNWs	1	38.06	2	3.67	3.98	0.20
	2	34.95	2	4.36		
	3	36.96	2	3.90		
3.0SiCNWs	1	56.76	2	1.65	1.97	0.31
	2	56.49	2	1.67		
	3	45.26	2	2.60		

หมายเหตุ

d = ความยาวของรอยกด

P = แรงที่ให้แก่วัสดุ

H_V = ค่าความแข็งในหน่วยวิกเกอร์ส

ตาราง ค-2 ข้อมูลดิบการหาค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส นาโนคอมโพสิตเซรามิกผ่านการเผา
ซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขที่ 2

(1-x)BZT-xSiC NWs	No.	d (μm)	P (N)	H_v (GPa)	Mean	SD
BZT	1	32.85	2	5.02	4.99	0.07
	2	30.92	2	5.11		
	3	32.97	2	4.85		
0.9BZT - 0.1SiC NWs	1	28.95	2	6.35	5.66	0.39
	2	32.66	2	4.99		
	3	30.78	2	5.62		
0.5BZT - 0.5SiCNWs	1	37.87	2	3.71	3.83	0.11
	2	37.75	2	3.74		
	3	36.29	2	4.04		
1.0SiCNWs	1	49.76	2	2.15	2.07	0.04
	2	51.63	2	1.99		
	3	50.69	2	2.06		
3.0SiCNWs	1	72.29	2	1.02	1.22	0.18
	2	57.70	2	1.60		
	3	71.36	2	1.04		

หมายเหตุ d = ความยาวของรอยกด P = แรงที่ให้แก่หัวกด

H_v = ค่าความแข็งในหน่วยวิกเกอร์ส

ตาราง ค-3 ข้อมูลดิบการหาค่าความต้านทานรอยแตกนาโนคอมโพสิตเซรามิกผ่านการเผาขึ้นเตอร์ด้วย
เงื่อนไขที่ 1

(1-x)BZT - xSiCNWs	P (N)	C (μm)	E (GPa)	H_V (GPa)	K_{IC} ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)	Mean	SD
BZT	2	622.8	297.55	4.99	0.0158	0.0238	0.0034
	2	456.661	297.55	4.99	0.0253		
	2	406.797	297.55	4.99	0.0301		
	2	471.053	297.55	4.99	0.0241		
0.9BZT - 0.1SiCNWs	2	113.012	299.63	5.66	0.3702	0.1958	0.0977
	2	74.658	299.63	5.66	0.1937		
	2	420	299.63	5.66	0.3609		
	2	420.024	299.63	5.66	0.0270		
	2	386.724	299.63	5.66	0.0271		
0.5BZT - 0.5SiCNWs	2	143.978	307.80	3.83	0.1660	0.1233	0.0267
	2	143.978	307.80	3.83	0.0540		
	2	189.215	307.80	3.83	0.1102		
	2	177.778	307.80	3.83	0.1210		
	2	144.444	307.80	3.83	0.1652		
1.0SiCNWs	2	157.772	317.58	2.07	0.2001	0.2108	0.0351
	2	186.014	317.58	2.07	0.1562		
	2	127.195	317.58	2.07	0.2763		
3.0SiCNWs	2	145.336	352.62	1.22	0.3105	0.4224	0.1035
	2	129.08	352.62	1.22	0.3709		
	2	140.083	352.62	1.22	0.3281		
	2	165.357	352.62	1.22	0.2558		
	2	262.445	352.62	1.22	0.6148		

หมายเหตุ

c = ความยาวของรอยแตก

E = ค่ามอดุลัสความยืดหยุ่น

ตาราง ก-4 ข้อมูลดิบการหาค่าความต้านทานรอยแตกเซรามิกนาโนคอมโพสิตผ่านการเผาขึ้นเตอร์ด้วย
เงื่อนไขที่ 2

(1-x)BZT - xSiCNWs	P (N)	C (μm)	E (GPa)	H_V (GPa)	K_{IC} ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)	Mean	SD
BZT	2	622.8	297.55	4.99	0.0158	0.0238	0.0034
	2	456.661	297.55	4.99	0.0253		
	2	406.797	297.55	4.99	0.0301		
	2	471.053	297.55	4.99	0.0241		
0.9BZT - 0.1SiCNWs	2	113.012	299.63	5.66	0.3702	0.1958	0.0977
	2	74.658	299.63	5.66	0.1937		
	2	420	299.63	5.66	0.3609		
	2	420.024	299.63	5.66	0.0270		
	2	386.724	299.63	5.66	0.0271		
0.5BZT - 0.5SiCNWs	2	143.978	307.80	3.83	0.1660	0.1233	0.0267
	2	143.978	307.80	3.83	0.0540		
	2	189.215	307.80	3.83	0.1102		
	2	177.778	307.80	3.83	0.1210		
	2	144.444	307.80	3.83	0.1652		
1.0SiCNWs	2	157.772	317.58	2.07	0.2001	0.2108	0.0351
	2	186.014	317.58	2.07	0.1562		
	2	127.195	317.58	2.07	0.2763		
3.0SiCNWs	2	145.336	352.62	1.22	0.3105	0.4224	0.1035
	2	129.08	352.62	1.22	0.3709		
	2	140.083	352.62	1.22	0.3281		
	2	165.357	352.62	1.22	0.2558		
	2	262.445	352.62	1.22	0.6148		

หมายเหตุ

c = ความยาวของรอยแตก

E = ค่ามอดุลัสความยืดหยุ่น

ตาราง ค-5 การสึกหรอแบบไถลของผิวหน้าเซรามิกนาโนคอมโพสิตผ่านการเผาซินเตอร์ด้วย

เงื่อนไขที่1ที่น้ำหนัก 250 กรัม

(1-x)BZT-xSiCNWs	Wear track (μm)					Average	Volume Loss (mm^3)
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5		
BZT	413	410	402	402	382	402 ± 7.04	0.0433
0.9BZT-0.1SiCNWs	333	328	311	317	332	327 ± 8.56	0.0233
0.5BZT-0.5SiCNWs	377	386	364	384	397	382 ± 6.85	0.0372
1.0SiCNWs	477	446	464	475	473	467 ± 7.34	0.0681
3.0SiCNWs	491	471	468	451	475	471 ± 8.28	0.0699

ตาราง ค-6 การสึกหรอแบบไถลของผิวหน้าเซรามิกนาโนคอมโพสิตผ่านการเผาซินเตอร์ด้วย

เงื่อนไขที่2ที่น้ำหนัก 250 กรัม

(1-x)BZT-xSiC NWs	Wear track (μm)					Average	Volume Loss (mm^3)
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5		
BZT	393	415	404	404	408	405 ± 10.9	0.0443
0.9BZT-0.1SiCNWs	251	244	262	244	240	248 ± 5.01	0.0102
0.5BZT-0.5SiCNWs	397	395	413	404	397	401 ± 4.24	0.0432
1.0SiCNWs	422	391	384	431	413	405 ± 11.3	0.0443
3.0SiCNWs	686	682	693	664	664	678 ± 7.61	0.2079

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล

อาจันต์ บุญเรือง

วัน เดือน ปีเกิด

14 ธันวาคม 2529

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนขุนยวมวิทยาแม่ฮ่องสอน ปีการศึกษา 2544

สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนขุนยวมวิทยาแม่ฮ่องสอน ปีการศึกษา 2547

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved