HOME
Mansic in a nutshell
Mansic for all
Key data
Photo gallery
Scientific documents
Recruitment
Events
Partners presentation
Links

Mansic for all

सिलीकॉन कार्बाइड

सिलीकॉन कार्बाइड (SiC), जिसे *कार्बोरंडम* या *मोइस्सनाइट* (यह नाम फ्रांसीसी शोधकर्ता डॉ. **हेनरी मोइस्सन** के नाम पर दिया गया है जिन्होंने इसकी सबसे पहले 1905 में पहचान की थी) के नाम से भी जाना जाता है, 50% कार्बन और 50% सिलीकॉन से बना एक ठोस यौगिक होता है। प्राकृतिक रूप से पैदा होने वाला SiC दुर्लभ भौगोलिक स्थानों जैसे हीरे की चिमनियों, **किम्बरलाइटिक** ज्वालामुखी के मुखों और यहां तक कि मीटियोराइट की कुछ किस्मों में बेहद अल्प मात्रा में पाया जाता है। विश्व भर में बेचे जाने वाला लगभग सारा सिलीकॉन कार्बाइड **कृत्रिम** होता है।

एक ही समय पर यह पदार्थ सेरेमिक और उत्कृष्ट गुणों वाला अर्द्धचालक भी होता है। यह काफी कठोर (लगभग हीरे जितना कठोर), रासायनिक रूप से अक्रिय, उच्च तापमान (>1000°C), ऑक्सीकरण और कठोर वातावरण का प्रतिरोधी होता है। इसमें उच्च उष्मीय चालकता होती है ताकि यह धातुओं की तरह उष्मा को निष्कासित कर सके। उद्योग (कार्बोरंडम कंपनी का मुख्य उत्पाद) में एक शताब्दी से भी ज्यादा से इसका प्रयोग अपघर्षक के तौर पर होता रहा है लेकिन आजकल इसका अनुप्रयोग वायु–अंतरिक्ष (उच्च तापमान वाले इंजनों, ब्रेक डिस्कों), सम्मिश्रणों, कणिकीय फिल्टरों और तापीय अवयवों तक विस्तारित हो रहा है।

हाल में SiC के स्फटिकों का उपयोग आभूषणों में भी *मोइस्सनाइट* के नाम से किया गया है क्योंकि इसके प्रकाश संबंधी गुण हीरे के काफी निकट होते हैं। लेकिन SiC के स्फटिकों का मुख्य अनुप्रयोग इलेक्ट्रानिक में होता है। वास्तव में, SiC से निर्मित इलेक्ट्रानिक उपकरण उच्चतर तापमान, उच्चतर ऊर्जा, उच्चतर फ्रीक्वेंसी और अन्य अर्द्धचालक पदार्थों (सिलीकॉन, जर्मेनियम, गैलियम आरसेनाइड...) से निर्मित वास्तविक पदार्थों की तुलना में ज्यादा कठोर वातावरण में काम कर सकते हैं। लेकिन SiC के बुनियादी इलेक्ट्रानिक गुणों तक पहुंचने के लिए, इस पदार्थ के उच्च गुणवत्ता के स्फटिकों को संवर्धित करना अनिवार्य है।

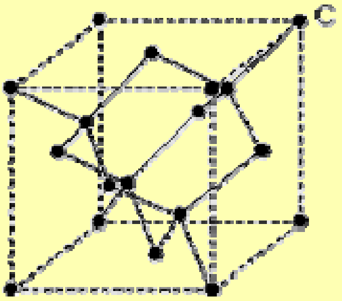
मोइस्सनाइट स्फटिक से निर्मित रत्न–आभूषण

डा. हेनरी मोइस्सन (सितं. 28, 1852 से फर. 20, 1907)

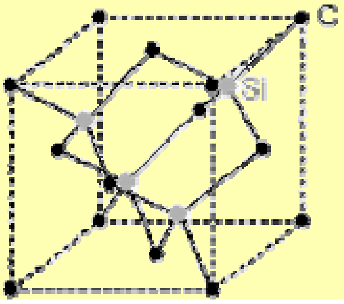
कार्बोरंडम कंपनी का अपने हीरे–जैसे नये उत्पाद के लिए 1894 के विवरण पत्र का कवर

SiC स्फटिक संवर्धन

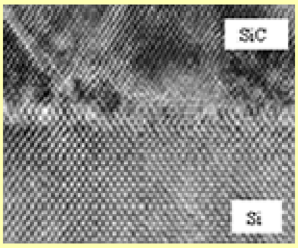
स्फटिक एक ठोस पदार्थ होता है जो अणुओं के नियमित और निश्चित अंतराल पर स्टेकिंग (क्रमबद्ध ढंग से एकत्रित करने) करने से मिलकर बनता है। लगभग प्रत्येक ठोस पदार्थ (धातु, मिश्रित धातु, सेरेमिक, लवण, प्लास्टिक...) स्फटिकों को बना सकता है यदि उनकी आणविक संरचना के लिए अनुकूल स्थितियां प्राप्त कर ली जाएं। ज्यादातर मामलों में, एक त्रिआयामी नेटवर्क में अणुओं को उनकी नियमित स्थिति प्राप्त करने में मदद देने के लिए अणुओं को कुछ ऊर्जा (ताप या दाब) देनी पड़ती है। प्रकृति में पाए जाने वाले स्फटिक सामान्यतः स्वयंस्फूर्त ढंग से बनते हैं लेकिन यह संवर्धन प्रक्रिया कई प्रकार की त्रुटियां (अपूर्ण स्टेकिंग, अन्य पदार्थों का मिल जाना...) निर्मित करती है। चूंकि निर्मित उपकरणों के प्रदर्शन को बढ़ाने के लिए इलेक्ट्रानिक उद्योग को उच्च गुणवत्ता के स्फटिकों की जरूरत होती है, इसलिए आमतौर पर स्वयंस्फूर्त ढंग से सवंर्धित श्रेष्ठ स्फटिकों को भविष्य में संवर्धन करने और/या गुणवत्ता को बेहतर बनाने के लिए मूल स्फटिक के तौर पर प्रयोग किया जाता है। इसलिए, *एपीटैक्सी* (ग्रीक मूल से लिया गया "एपी = ऊपर और "टेक्सिस = व्यवस्थित ढंग से") कही जाने वाली प्रतिकृति संवर्धन तकनीक को कुछ अभिकारकों और मूल स्फटिक का प्रयोग करते हुए इस्तेमाल में लाया जाता है।



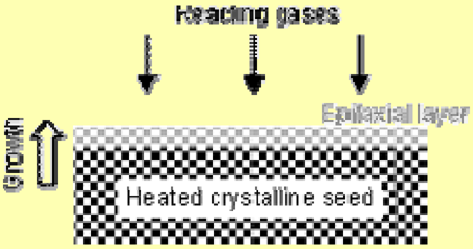
हीरे के स्फटिक का बुनियादी इकाई कोषाणु



सिलीकॉन कार्बाइड स्फटिक का बुनियादी इकाई कोषाणु



स्फटिकीय सिलीकॉन और सिलीकॉन कार्बाइड एपीटेक्सियल फिल्म के बीच मिलानबिंदु पर आणविक स्टेकिंग का अनुप्रस्थ काट अवलोकन

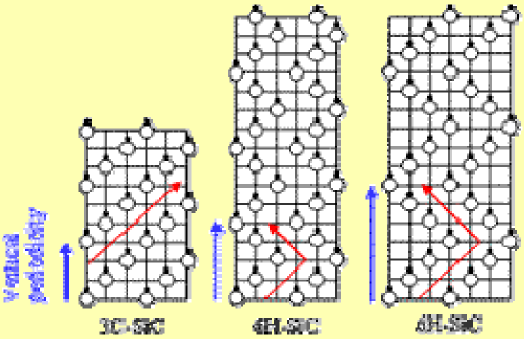


वाष्पीय चरण से एपीटेक्सियल संवर्धन की आधारभूत योजना

ध्यान देने के लिए यह महत्वपूर्ण है कि स्फटिकों के भीतर अणुओं की स्टेकिंग आवर्तिता (3D आणविक नेटवर्क) प्रायः स्फटिकीकरण की स्थितियों पर निर्भर करती है। सबसे प्रसिद्ध उदाहरण कार्बन के अणुओं का दिया जाता है जो कि हल्के तापमान की स्थितियों में ग्रेफाइट (कोएला) निर्मित कर सकते हैं जबकि ये हीरा भी निर्मित कर सकते हैं यदि तापमान और दबाव अत्यधिक उच्च हो। विभिन्न स्वरूपों के अंतर्गत स्फटिकीकरण करने की इस क्षमता को *पोलीमारफिज्म* कहा जाता है।

SiC पोलीमारफिज्म का एक विशेष प्रकार प्रस्तुत करता है, जिसे *पोलीटिपिज्म* कहा जाता है, जहां अणुओं के स्टेकिंग क्रमों में परिवर्तन 3D नेटवर्क की केवल एक विशिष्ट दिशा में होता है। इस विशिष्ट गुण के कारण जो कि नेटवर्क के लगभग अनंत विचलन की अनुमति देता है, दसियों SiC पोलीटाइप खोज लिये गए हैं।

हालांकि, आमतौर पर उनमें से केवल तीन निर्मित होते है क्योंकि वे ज्यादा स्थिर होते हैं। उन्हें 6H-SiC, 4H-SiC और 3C-SiC कहा जाता है (अक्षर H और C स्फटिक सममिति (crystal symmetry), H हेक्सागोनल और C क्यूबिक को बताते हैं)। सिवाए इलेक्ट्रानिक पोलीटाइपों के, इनमें से ज्यादातर के भौतिक गुण समान होते हैं। इलेक्ट्रानिक उपकरणों के लिए, प्रत्येक पोलीटाइप के अपने विशिष्ट लाभ होते हैं। उदाहरण के लिए, 4H उच्च ऊर्जा (जैसे कि उच्च वोल्टेज का विद्युत वितरण) और उच्च तापमान (जैसे कि कार या हवाई जहाज का इंजन) के लिए श्रेष्ठ ढंग से उपयुक्त है जबकि 3C उच्च फ्रीक्वेंसी अनुप्रयोगों (जैसे कि रडार) के लिए श्रेष्ठ हो सकता है।



SiC के मुख्य पोलीटाइप के बीच आणविक स्टेकिंग का अंतर

SiC की उच्च उष्मीय स्थिरता के कारण, इसमें स्फटिक संवर्धन होने देने के लिए पदार्थ को भारी मात्रा में ऊर्जा देनी होती है। इसके परिणामस्वरूप, इस प्रकार के संवर्धन के लिए सामान्यतया प्रयोग की जाने वाली तकनीक के लिए 2200°C से ज्यादा तापमान की जरूरत होती है। उच्च तापमान की यह आवश्यकता संवर्धन प्रक्रिया को नियंत्रित करने में काफी कठिन बना देती हैं। इसके आगे, ये स्थितियां केवल हेक्सागोनल पोलीटाइप (6H और 4H) के स्फटिकीकरण की अनुमति देती हैं, निम्नतम तापमान (2000°C से कम) पर स्थिर रहने वाला 3C ऐसा है जहां अणुओं को दी जाने वाली ऊर्जा स्फटिकों की अच्छी बढ़त के लिए पर्याप्त नहीं होती है।

यही वह कारण है जिसकी वजह से अब तक इलेक्ट्रानिक अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त गुणवत्ता वाले 3C-SiC के व्यावसायिक रूप से उपलब्ध स्फीटक नहीं हैं, जबकि उच्च गुणवत्ता वाले 4H और 6H स्फीटक विभिन्न कंपनियों से खरीदे जा सकते हैं।

क्यूबिक स्फीटकों का विकास

इलेक्ट्रानिक अनुप्रयोगों के लिए उपयोग योग्य 3C-SiC स्फटिकों को विस्तार से बता

सकने के लिए **दो महत्वपूर्ण बिंदुओं** को हल करना होगा :

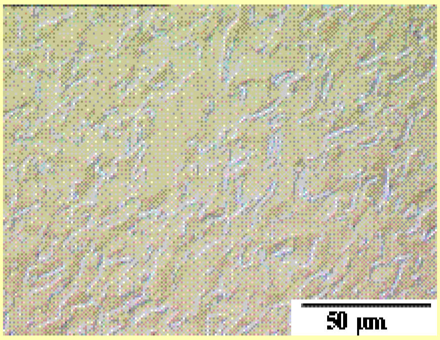
1) 3C एपीटैक्सी के लिए उपयुक्त मूल स्फटिक प्राप्त करना (चूंकि अच्छी गुणवत्ता के 3C स्फीटक उपलब्ध नहीं हैं)

2) नई संवर्धन तकनीकों को विकसित करना जो कम तापमान (3C स्थिरीकरण के लिए) पर भी अच्छी 3C स्फटिकीय गुणवत्ता (कम त्रुटियुक्त सघनता) को प्रोत्साहित कर सके।

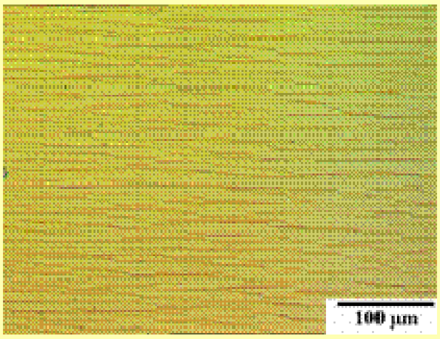
मूल स्फटिक के संबंध में, SiC एपीटैक्सी के लिए स्फटिकीय सिलीकॉन पर व्यापक अध्ययन किए गए हैं, लेकिन परिणाम के तौर पर प्राप्त होने वाला 3C पदार्थ हमेशा खराब गुणवत्ता का होता है। विशिष्ट परिस्थितियों में, 6H और 4H पोलीटाइप को भी 3C एपीटैक्सी के लिए मूल स्फटिक के तौर पर प्रयोग किया जा सकता है लेकिन आमतौर पर परतों में अवगुणों (त्रुटियों) की उच्च सघनता होती है।

हाल ही में, नई संवर्धन तकनीकें यूरोप में विकसित की जा रही हैं जो कि 3C पोलीटाइप को लक्षित हैं। इन्होंने काफी विश्वसनीय और संपूरक नतीजे प्रदर्शित किए हैं क्योंकि ये एक 6H (या 4H) सबस्ट्रेट्स पर अच्छी 3C परतों (कुछ µm की मोटाई, 10-6 m) का निक्षेपण होने देती है जबकि अन्य निचले भाग के 3C मूल स्फटिक की गुणवत्ता को बनाए रखते हुए ज्यादा मोटी 3C सामग्री (कई सौ µm से लेकर कुछ mm मोटाई तक) को संवर्धित होने देती हैं।

अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर कोई ऐसा वास्तविक प्रतिद्वंद्वी नहीं है जो इसी प्रकार की तकनीकों का प्रयोग कर रहा हो इसका मतलब है कि यूरोप इस विशिष्ट विषय में लाभ की स्थिति में है और उसके समक्ष निभाने के लिए एक बड़ी भूमिका है।



6H-SiC मूल स्फटिक पर संवर्धित अत्यधिक त्रुटियुक्त 3C-SiC एपीटेक्सियल परत



6H-SiC मूल स्फटिक पर संवर्धित उच्च गुणवत्तायुक्त 3C-SiC एपीटेक्सियल परत

MANSiC उद्देश्य

मौजूदा MANSiC संघ ऐसी नई संवर्धन तकनीकों को विकसित कर रही टीमों और SiC के क्षेत्र में इलेक्ट्रानिक अनुप्रयोगों के लिए अंतर्राष्ट्रीय मान्यता प्राप्त अन्य यूरोपीय प्रयोगशालाओं को एकत्रित करता है। यह संयुक्त प्रयास निश्चित तौर पर एक विकल्प को और वास्तविक व्यावसायिक उत्पाद की अपेक्षा बेहतर स्फटिकीय गुणवत्ता वाले 3C-SiC स्फटिकों के यूरोपीय व्यावसायिक स्रोत को विकसित होने देगा। ऐसे उन्नत किए गए पदार्थ को सबसे पहले नवप्रर्वतनकारी और/या उन्नत इलेक्ट्रानिक उपकरणों को निर्मित करने के उद्देश्य से परखा और जांचा (सतह की पोलिशिंग से लेकर उत्पादन संरचना तक) जाएगा।

इस प्रकार की जटिल और अंतर्सबंधित अनुसंधान परियोजना ठोस अवस्था की भौतिकी और पदार्थ विज्ञान के क्षेत्र में नौजवान अनुसंधानकर्ताओं के लिए प्रशिक्षण परियोजना को संगठित करने का एक शानदार आधार है। पीएचडी के छात्रों और नौजवान अनुसंधानकर्ताओं को विभिन्न क्षेत्रों में प्रशिक्षित किया जाएगा; नई संवर्धन

तकनीकों से लेकर, अर्द्धचालक सामग्री के गुणों के मूल्यांकन और इलेक्ट्रानिक उपकरणों की संरचना करने तक। नौजवान अनुसंधानकर्ताओं को आवश्यक वैज्ञानिक ज्ञान की पृष्ठभूमि प्रदान करने और उन्हें विज्ञान समुदाय के सामने अपने काम और परिणामों को प्रस्तुत करने का अवसर देने के लिए कार्यशालाएं और प्रशिक्षण विद्यालयों को आयोजित किया जाएगा।