

## 事後評価報告書

研究課題名：超常環境を利用した新半導体性物質の創製・材料化に関する研究

研究責任者：神田久生 物質研究所スーパーダイヤグループ・ディレクター

評価委員会：プレ終了評価を行ったので、事後評価は書類評価を実施

評価委員会委員長及び委員名：

志水隆一 大阪工業大学情報科学部 教授（委員長）

坂 公恭 名古屋大学大学院工学研究科 教授

八木健彦 東京大学物性研究所新物質科学研究部門 教授

記入年月日： 平成16年2月24日

評価の観点	評価結果
[研究概要] 研究計画において、設定していた目標など	大容量ベルト型装置、ダイヤモンドアンビル装置(DAC)、二段式軽ガス銃、等を使って、サブテラパスカル領域までの超高压実験技術を開発するとともに、それらを駆使して、新高密度物質、新硬度材料等の探索、合成を行う。さらに、プラズマ、マイクロ波 CVD 法による n 型ダイヤモンド合成を実現し、ダイヤモンド半導体製作への道を拓いたのは妥当である。
[課題の設定] 問題の取上げ方の新規性・独創性、科学的・技術的重要性、社会的・経済的重要性、国家・社会・産業界の要請、新規産業分野、緊急性、波及効果など	ダイヤモンド等の超硬物質は近代加工技術において不可欠の物質であり、近年の微細化、高度化に伴って、さまざまな性能の向上が求められている。ダイヤモンドやその関連物質に関して、旧無機材研時代からの研究技術やノウハウの膨大な蓄積を生かしつつ、より新たな展開を目指すという、本研究の課題の設定は、新規性・独創性、科学的・技術的、社会的・経済的重要性などの観点から見ても、ほぼ妥当なものと思われる。ただ、限られた人員や予算で大容積、DAC、衝撃銃と 3 つの超高压分野を同時に推進し、さらに半導体デバイスとして新しい展開を目指していくのは、現有スタッフをもっては容易ではない。大学等の他機関では推進が難しい、物質研としてより特徴が出せる分野に集約して行くことも必要であろうがむしろ、民間企業や他の研究開発機関との共同研究を積極的に進める段階に来ているのではなかろうか。
[課題の解決方法] 研究手法・実験方法の新規性・独創性、方法の精密さ・精緻さ、妥当性など	大容積装置では長年、ダイヤモンドが合成可能な 7GPa 程度までの圧力領域で様々な研究が展開されてきたが、その圧力領域を大きく拡大することにより、従来考えられなかった様々な合成が可能になり、新たな展開をもたらしている点が、高く評価される。独創性というよりは、着実な積み上げに基づくものであるが、高い新規性を得ている。 DAC でも、静水圧性の高い圧媒体の使用など、着実な技術の積み上げにより超高压領域での精密な実験を目指しているのは、きわめて妥当であろう。また従来単に加熱目的に用いられていたレーザーを、光化学反応を起こさせるために積極的に使おうという試みは、他にほとんど例を見ない独創性に富んだ着想であり、評価される。 レーザー衝撃圧縮装置の開発は、いわば次世代の超高压技術として期待されるものであり、ねらいとしては妥当なものと思われる。ただ効果的に推進するには、理論的解析や、極短時間の測定技術開発など、多様な技術が必要とし、それに十分な体制を組めるかどうかは、十分検討が必要であろう。

	<p>又、半導体デバイス化実現に向けて、マイクロ波 CVD 装置を用いたリンドープダイヤモンド薄膜合成は、n 型ダイヤモンドの製造を初めて実現したもので、画期的である。PN 接合ダイヤモンド半導体デバイスの実用化にむけて、新たな展望を拓いたものでさらなる進展が大いに期待される場所である。今後、他の研究機関との共同開発への積極的な取り組みを望むものである。</p>
<p>[研究の成果] 新事実の発見、新しい研究手法の確立、新理論・仮説の提案、長年の懸案事項の解決、社会的問題の解決、産業界への効果、論文や特許等の研究成果の発表状況など</p>	<p>大容積装置を用いて 10GPa 以上での安定した物質合成を可能にしたのは、国際的に見てもきわめてユニークな技術開発である。またそれを用いて成功した、微粒高硬度ダイヤモンド焼結体の合成や、C-O-H 流体を触媒とするダイヤモンド合成の研究は、産業界への波及や、地球科学への貢献としても高く評価される。</p> <p>ヘリウムを圧力媒体に用いた DAC による高静水圧条件下の研究は、超高压実験を精密科学にするために貢献している。レーザー照射による実験装置は、技術的には確立されたが、それを用いた具体的な成果が得られるまでには達しておらず、今後の展開が期待される。</p> <p>レーザー衝撃圧縮装置に関しては、限られた人員にもかかわらずかなり高度なレベルまでの技術開発に成功している。しかし具体的成果は今後の発展に待つ必要がありそうである。</p> <p>マイクロ波 CVD 装置を用いたリンドープの n 型ダイヤモンドの合成に成功しボロドープの p 型ダイヤモンドとの積層による PN 接合デバイスを作製しダイヤモンドでの初めての紫外線発光ダイオードを実現したことは画期的な成果である。デバイス化に向けての今後の進展に期待したい。</p> <p>また、超微細領域における B-C-N 系の新物質の発見は特筆に値する。高空間分解能・高感度・高精度分析技術の技術確立するとともに、動的観察技術、極表面構造解析技術の開発と応用に関しても懸案を解決した。論文・特許など研究成果の発表状況は申し分ない。</p>
<p>[発展性] 研究手法・実験装置の他の問題への利用、得られた結果の他の問題への影響、新規研究分野の開拓など</p>	<p>得られた成果は論文や特許として着実に発表されていると評価される。DAC を用いた研究では容易に数十 GPa までの圧力が達成できるかわり、それで作られる物質は、精密な特性評価を行うには不十分な量しかなかったり、一様な試料になっていなかったりといった問題が多い。大容積装置で従来の限界を大きく超える圧力領域での安定した物質合成技術が確立されたことは、単にダイヤモンドやその類似物質にとどまらず、汎用性が高く様々な新物質開発への応用が期待でき、他の研究への波及効果が大きく高く評価される。</p> <p>PN 接合ダイヤモンドデバイスは今後の進展が大いに期待されるが半導体デバイス企業との共同研究などデバイス作製に軸足を置いた開発研究体制への取り組みが鍵をにぎることになる。独法化による研究体制のフレキシビリティを発揮出来る絶好の機会ではないか。</p>
<p>[総合評価]</p>	<p>全般的に見て、超高压実験グループは様々な制約条件の中、間違いなく世界のトップレベルの成果を挙げつつあり、高く評価されてよいと思われる。特に大容積装置を用いた基礎的研究は、国内外を見回してもほとんど見あたらないものであり、今後のさらなる発展を期待したい。ただこの手の装置は運転や保守に多大な労力を要し、現状ではその大きな部分を研究者が担わざるを得ない状況であり、人的、物的資源の有効利用という見地から、無駄が</p>

	<p>多い。様々な職種を組み合わせ、効果的な人員配置を行うと同時に何よりも、今後も特徴ある成果が生み出されることを期待したい。</p> <p>大型機器のオペレータを確保することにより、他研究機関との共同研究体制を充実して、多くの若い研究者の参加を支援することにより研究の裾野を拡げることが大切である。又、大型装置の活用と並行して、旧無機材研究所時代からの伝統であるプラズマ、マイクロ波 CVD 法による新物質合成への取り組みも又きわめて重要である。労多くして功少ない分野ではあるが、このような基盤技術を育成していくことも物質・材料研究機構の使命であると信じる。</p>			
[評 点]	S	A	B	F