

(海軍造船發展中心) 112 年「國防先進科技研究計畫」構想書

計畫名稱：長距離雷射光照辨識系統於水下威脅物 之材質辨識與驗證		計畫期程： 112-113 年
		研究領域：光電工程
提案單位：海軍造船發展中心 聯絡人：林俊廷 電話：07-5825640		
項次	項目	研究內容
一	計畫背景	<p>水下工程所拍攝的照片觀察發現與陸地上拍攝的圖像不同，主因於複雜的水下環境和光照條件導致水下物件的對比度低、紋路模糊、演色性低與可視範圍小等造成圖像模糊、品質退化等問題。此現象為水下觀測工作和科學研究帶來極大的困難。因此，建構水下觀測(See-Through Ocean)技術將是發展海洋軍事科技的關鍵突破點。在水下探索過程中，能夠給予工作人員最直觀的訊息為即時影像，但由於深海環境嚴峻且太陽光因為海水特性未能傳遞至探索區域，導致影像訊息必須配合照明系統，才能使觀測之物件更為清晰。現階段，在船艦或水下載具的深海環境探索過程中，常使用聲納系統作為極遠距離物件的探索方式，但其提供訊息量遠小於影像訊息，未能提供物件準確之辨識，須仰賴船身或儀器靠近物件並透過相關照明系統的探索方式，以達到物件識別之功能。但上述探索方法有極高不便性與危險性，若能提前辨識物件之色彩、形樣或材質種類，將可對於潛水人員、船艦或無人載具的安全和成本風險降至最低。</p> <p>藉由 Defense News 與 Quadrennial Defense Review 報告，都同時提及迷你無人載具若可匹配水下視覺技術，將可以第一人稱視角觀察水下狀況，但進行水下的觀測與辨識，最重要的莫過於是要有足夠的光源。目前常見的解決方法是以白光燈具做為輔助光源，然而呈現出來之影像品質容易因強光造成光暈、水中散射形成霧氣與色偏差現象導致光色偏向藍、灰色調，使得圖像品質不佳。因此，要成為一張可提供研究、觀測佐證的照片或影片，必須開發水下色彩還原照明與物件材質辨識技術，以降低後續研究或即時觀測之困難度。一般而言，可見光在水中進行傳遞時約在 4 公尺深時紅色首先被吸收、10 公尺時橘色被吸收，依序為黃、綠、藍等色，最後只有 10%的藍光可達 100 公尺深。綜合上述的影響，於水深 30 公尺時只剩約 10%的陽光，而到了水深 200 公尺已無任何光線，為趕上水下軍事科技技術能量，本計畫必須</p>

		<p>建立水下觀測技術以改善水下光線不足、對比度降低與色彩偏移等不良影響，仍能長距離掃描偵測水下各式威脅物件，完成物件材質辨識，提供水下物件資訊讓相關人員能精準決策、消除威脅障礙，以凸顯水下軍事科技的重要性。</p> <p>本研究係屬科技部國防科技發展藍圖且與國際軍事科技同步研發水下觀測系統，本水下雷射辨識材質研究之計畫將整合水下雷射照明與威脅物件材質辨識系統，亦將導入光色調控技術、雷射白光技術與多波段雷射模組等前瞻技術。此設計不但可在遠處探索目標物的材質、近處觀測目標物的形樣，亦可還原物體色彩，改善色彩偏移問題，以提高船艦載具於水下環境的探勘與觀測之能力。</p>
<p style="text-align: center;">二</p> <p>計畫目的</p>		<p>水下雷射辨識材質研究之目的是期待透過水下雷射照明與物件材質辨識系統之研發實現水下物件材質辨識、增程水下探索距離，實現船艦及水下載具之智慧辨識之能力。因此，本計畫目的為整合水下雷射/LED 異質光源融合模式，以強化所需探測物件的光能量並還原物體色彩。</p> <p>本計畫將於<u>開放水域</u>執行以下性能試驗：</p> <p>(1)在<u>距離目標物 70 公尺內</u>時，以<u>多波段雷射光源</u>掃描範圍內的威脅物件，以水下雷射辨識模組辨識鋼、鋁、塑膠、陶瓷等，完成目標物件的材質辨識。</p> <p>(2)在<u>距離目標物 50 公尺內</u>，以多波段雷射光源掃描範圍內的威脅物件，完成目標物件的材質辨識，搭配<u>水下雷射白光照明模組</u>觀測威脅物件的形狀或繫鏈等特徵。</p> <p>(3)在<u>距離目標物 20 公尺內</u>，能以 <u>LED 多彩光源</u>還原威脅物件之色彩，可由物件型樣、顏色或編碼辨別水雷外型及種類，可讓觀測者建構新的水雷資料庫。</p> <p>水下雷射辨識材質研究，可由不同距離，採用不同光源特色，辨別水雷等具威脅物件之種類，提供水下資訊讓相關人員能精準決策、消除威脅物障礙。</p>
<p style="text-align: center;">三</p> <p>研究議題</p>		<p>水下環境探勘，需要強大水下技術投入，尤其影像及高危險物件辨識等相關技術，透過本計畫強化國內水下探索之技術，以增強水下軍事科技領域的實力。物體位於水下環境，容易產生光暈、霧氣與低演色性之現象，導致水下影像模糊不清，目標物的判斷能力大幅降低，本研究藉由雷射照明技術與多波段雷射能量測量技術，建構水下雷射辨識材質研究能量，增強探索目標物的材質、形樣與色彩，以提高水下環境的識別、探勘與觀測之能力。</p>

本研究將創新開發水下雷射照明技術，提供探測部位的足夠光照能量，建立可長距離觀測目標物，再導入 LED 太陽光譜晶片強化燈具色域。本計畫之水下雷射白光照明的創新技術，首先利用光場平均餘弦與光傳遞散射機率法，建構水下雷射/LED 異質光源融合的傳遞模式，以此模型配合光色調控演算法則，便可強化所需探測物件的光能量並還原物體色彩；接著，物件材質辨識系統的創新技術，是利用多波段雷射其窄角光源特性，降低水下環境對光的散射作用，增長觀測距離突破目前水下目物觀測的技術極限，再導入材質辨識演算法則，即是利用光譜入射物件前及反射後光譜分佈分析，判定此物件對於特定波長之吸收程度，建立光譜分析之模型進行水下物件材質的辨識技術。因此，本水下雷射辨識材質研究，不但可在遠處向目標物件進行探測攝影，而除強化部位外，其餘部位則保有較低的光能量，如此便可減少散射對觀測近距離目標物的影響。

綜合上述，本水下雷射辨識材質研究整合多波段雷射之水下能量測量技術、雷射白光照明光源和物件材質辨視技術，研發水下雷射照明模組與物件材質辨識模組於船舶載具，完成船艦與水下載具的探勘能力及遠距目標物材質之辨識功能。本計畫藉由研發船舶載具所需之水下雷射照明與物件材質辨識系統之過程，蓄積水下軍事科技研發的能量，進而以此計畫提供船艦載具遠距物件材質辨識功能，提供水下檢測、海域測量與深海探勘等研究之使用。

關鍵研究議題歸納說明如下：

1. 本計畫執行的重要性為以窄角光學光路設計，降低水下環境對光的散射作用，不但能提高照明品質而且可增長觀測距離，突破水下物件觀測的技術極限，提高水下環境的識別、探勘與觀測之能力。
2. 建立水下雷射白光照明模組，突破 50 公尺的水下物件照明技術，建立各式水雷資料庫。
3. 建立水下雷射辨識模組，執行水下多波段雷射光源傳遞實驗，進而瞭解雷射光於水下衰弱情況，並對於各種波段之雷射分析和模擬相對應之衰弱曲線，使材質辨識距離達到 70 公尺。
4. 蒐集水下目標物之種類，並執行水下目標物能量反射及吸收特性之實驗，建立目標物材質之光譜數據庫，分析光譜之差異性，使系統可辨識鋼、鋁、塑膠、陶瓷等材質。

		<p>5. 透過前述實驗，導入類神經演算法，分析相異目標物反射光譜之特徵，建構智慧自動辨識光譜特徵之模型，加速辨識之速度並提高系統辨識度之準確性。</p> <p>6. 完成裝置於船艦、水下載具並於封閉及開放水域進行水下環境探勘性能之評估。</p>						
四	運用構想	<p>水下雷射辨識材質研究包括水下雷射白光照明模組與物件材質辨識模組之研發，本計畫預劃於第 113 年度將上述模組裝置於船艦或無人載具上，並於封閉水域進行長距離(50 公尺以上)之物件搜索與觀測，解決傳統照明光源能量易被海水吸收及光型散射等問題，並展現光源對遠距離物件之探照能力。同時，針對水下物件進行材質的光譜分析，建置物件辨識之演算法，使船舶載具具備物件智慧判別能力，提高水下環境的辨識、監控、探勘與觀測之能力。</p> <p>在研究成果的驗證方法，水下雷射白光照明模組能提供準直性較高的照明效果，並使用光能量映射法設計光路及透鏡，以實現高亮度的遠距離照明效果，並改善其物件之演色性或色彩還原效果。水下物件辨識模組則是藉由不同波長之雷射光能量，比對不同物件的材質反射能量，建置海洋物件的光譜資料庫並透過光譜能量結合的物件辨識演算法(待測物件設定為鋼、鋁、陶瓷、塑材等材料)，實現即時遠距水下物件辨識功能並運用於軍事船艦或水下載具。</p> <p>本計畫可將 AI 科學專業導入水下科技和水下軍事技術層面，讓台灣海洋的水下技術有獨立自主之技術根基，逐步建置台灣自主設計研發的代表技術—水下雷射辨識材質於船舶及水下載具之應用。</p>						
五	技術備便水準評估	<p>本研究規劃於 112-113 年發展長距離雷射光照辨識系統於水下威脅物之材質辨識與驗證，相關研究核心之技術備便水準評估，重點整理如表 1 所示：</p> <p style="text-align: center;">表 1. 核心技術備便水準評估表</p> <table border="1" data-bbox="427 1518 1422 2002"> <thead> <tr> <th data-bbox="427 1518 646 1619">年度\核心\評估</th> <th data-bbox="646 1518 1141 1619">研究核心</th> <th data-bbox="1141 1518 1422 1619">TRL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="427 1619 646 2002">第一年期</td> <td data-bbox="646 1619 1141 2002"> 1. 研析水質對雷射傳遞之影響，並建立雷射光於水下影響因素之光譜能量衰弱模型。 2. 蒐集水下目標物之種類與材質，於空氣中及水下進行目標物材質表面特性之實驗，測量多波段雷 </td> <td data-bbox="1141 1619 1422 2002">TRL 3→TRL 4</td> </tr> </tbody> </table>	年度\核心\評估	研究核心	TRL	第一年期	1. 研析水質對雷射傳遞之影響，並建立雷射光於水下影響因素之光譜能量衰弱模型。 2. 蒐集水下目標物之種類與材質，於空氣中及水下進行目標物材質表面特性之實驗，測量多波段雷	TRL 3→TRL 4
年度\核心\評估	研究核心	TRL						
第一年期	1. 研析水質對雷射傳遞之影響，並建立雷射光於水下影響因素之光譜能量衰弱模型。 2. 蒐集水下目標物之種類與材質，於空氣中及水下進行目標物材質表面特性之實驗，測量多波段雷	TRL 3→TRL 4						

			射的反射情況。 3. 於 封閉水域 驗證搭載於水下載具之水下雷射白光照明模組及水下物件材質辨識模組之性能。	
		第二年期	1. 延續第一年的成果改善相關系統，進一步發展水下雷射照明系統及水下雷射辨識系統。 2. 於 開放水域 驗證搭載於水下載具之水下威脅物材質辨識試驗與成效。	TRL 4→TRL 5
六	期程工項	本研究預定期程(112-113年)執行重點摘要，如表2所示：		
		表2. 期程工項之執行重點摘要表		
		年度\成果及驗測	研究結果	驗測方式
		第一年期	1. 完成 水下雷射白光照明模組 ，內容包含:雷射/LED照明系統光機結構與光路分析模擬；共焦拋物光學透鏡製作及光型量測評估；遠近光源調控演算法。 2. 完成 水下物件材質辨識模組 ，內容包含:多光譜雷射能量檢測及分析；建立雷射衰弱模型(水質影響能量傳遞之關係)；分析物件與角度偏差時，反射光譜差異。 3. 研究成果報告乙份	於封閉水域執行船艦載具於水下環境探勘性能評估，測試結果於研究成果報告中呈現。

		<p>第二年期</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成<u>水下雷射照明系統</u>，內容包含:遠距照明光路設計透鏡製程；雷射/LED 全色域照明之光學特性量測及系統整合。 2. 完成<u>水下雷射辨識系統</u>，內容包含:分析物件多角度反射光譜能量，並建立旋轉角度與光譜能量的相關性；建立海洋物件反射光譜之資料庫；建置物件材質辨識的演算法及判斷方式。 3. 研究成果報告乙份 	<p>先於封閉水域執行水下雷射照明性能模組及水下物件辨識模組測試及調整，後於開放水域執行實際測試並於研究成果報告中呈現測試結果。</p>
--	--	-------------	---	--

七	成本分析	<p>一、申請補助經費： 金額單位：新臺幣元</p>																																							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="432 1048 810 1176">執行年次</th> <th data-bbox="815 1048 1007 1176">第一年 (112年)</th> <th data-bbox="1011 1048 1214 1176">第二年 (113年)</th> <th data-bbox="1219 1048 1418 1176">全程總經費</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="432 1182 810 1283">補助項目</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1290 810 1357">業務費(a+b+c)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1364 810 1431">a.研究人力費</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1438 810 1505">b.材料、耗材及雜項費用</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1512 810 1579">c.差旅費</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1585 810 1653">研究設備費</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1659 810 1727">管理費</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1733 810 1800">合計</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	執行年次	第一年 (112年)	第二年 (113年)	全程總經費	補助項目				業務費(a+b+c)				a.研究人力費				b.材料、耗材及雜項費用				c.差旅費				研究設備費				管理費				合計						
		執行年次	第一年 (112年)	第二年 (113年)	全程總經費																																				
		補助項目																																							
		業務費(a+b+c)																																							
		a.研究人力費																																							
		b.材料、耗材及雜項費用																																							
		c.差旅費																																							
		研究設備費																																							
		管理費																																							
合計																																									

二、研究人力費

第一年

類別	金額	請敘明在「國防先進科技研究計畫」內擔任之具體內容、性質、項目及範圍（如約用專任人員，請簡述其於計畫內所應具備之專業技能、獨立作業能力、預期績效表現及相關學經歷年資等條件） <u>及計算方式</u>
主持人 計畫主持費		
兼任助理		
兼任助理		

第二年

類別	金額	請敘明在「國防先進科技研究計畫」內擔任之具體內容、性質、項目及範圍（如約用專任人員，請簡述其於計畫內所應具備之專業技能、獨立作業能力、預期績效表現及相關學經歷年資等條件） <u>及計算方式</u>
主持人 計畫主持費		
兼任助理		
兼任助理		

三、材料、耗材及雜項費用

第一年

類別	設備名稱	數量	單價	金額
材料費用				
耗材費用				
雜項費用				
金額合計				

第二年

類別	設備名稱	數量	單價	金額
材料費用				
耗材費用				
雜項費用				
金額合計				

四、差旅費

第一年

類別	金額	說明
高鐵		

第二年

類別	金額	說明
高鐵		

五、行政管理費

第一年

行政管理費	說明

第二年:

行政管理費	說明

八

預期
成果

1. 完成水下雷射白光照明模組與水下雷射辨識模組，並掛載於水下載具，於封閉水域進行各項性能的測試評估。
2. 完成水下雷射辨識材質之功能，獲得水下不同物件之反射光譜數據，建立新的水雷資料庫。
3. 水下雷射辨識材質研究，可由不同距離，採用不同光源

		特色，辨別水雷等具威脅物件之種類，提供水下資訊讓相關人員能精準決策、消除威脅物障礙。
--	--	--

國家中山科學研究院 112 年「國防先進科技研究計畫」

構想書

計畫名稱：太赫茲多頻段感測器分析與設計 (1/3)		計畫期程：112-114 年
提案單位：電子所尋標組 聯絡人：徐新峯		電話：03-4712201#355390
項次	項目	研究內容
一	計畫背景	現今飛行武器、航空載具發展迅速，在躲避搜索、追蹤、鎖定等技術，也有被動的低反射截面積匿蹤、主動的電磁波干擾等方式。為能應對未來可能目標，增加並提高探索檢測頻率是必須的。院內在微波頻段探測技術頗有發展，若在此基礎上續往更高頻段延伸，必能收獲豐碩的果實。然高頻多頻段感測器技術尚有段基礎科學研究的必經之路，為了加速研發，縮短研究時程，本申請案擬與學術界共同研究，期透過與專家的合作研究，獲得寶貴的經驗，盡速完成高頻多頻段感測器之設計，並滿足本院各武器系統的客製化需求，擺脫國際鉗制與廠商哄抬價格的手段，迎頭追上現代的軍武研發進度。
二	計畫目的	全期目標為取得晶片化且整合高頻、多頻段感測器之設計與分析技術。目前先進製程多為各國管制項目，在實際應用上仍受限，以國內可取得之製程為優先考量。
三	研究議題	子題：30T~100T 之間，單一材料系統可整合之頻率為三倍的兩個頻段之感測器 子題：單一材料系統可整合之頻率為三倍的兩個頻段之晶片化 THz 感測器 子題：單一材料系統整合高頻多頻段多像素(>2x2)感測器
四	運用構想	1.本案擬取得高頻多頻段感測器之分析、設計與研製技術。高頻多頻段感測器執行時程預計為三年，以分批驗收方式，完成各項預期成果。 2.汲取國內學研界團隊在高頻感測器的經驗，透過執行期間密集的討論，從學研團隊獲取晶片化之高頻感測器設計的關鍵技術，包括最新的設計概念和方法，使本院積體光子晶片設計水準得以跟隨得上世界的腳步。
五	技術備便	1.本案包含高頻多頻段感測器分析與設計，證明技術概念，可提升 TRL 至 3。 2.將依據第六點之期程工項作為本案之里程碑。 3.預計每年執行 1 次期中查核及 1 次期末查核作為查核點。

水 準 評 估	4.各工項之評量指標，為依據校方提供之分析設計資料，是否符合計畫需求。									
六 期 程 工 項	<p>填寫說明：請分年列述預劃工項，若涉及實體產出，應律定測試驗證方式。</p> <p>112年工項</p> <table border="1" data-bbox="276 533 1075 698"> <tr> <td data-bbox="276 533 1075 589">研究議題</td> </tr> <tr> <td data-bbox="276 589 1075 645">30T~100T 感測器材料分析</td> </tr> <tr> <td data-bbox="276 645 1075 698">高頻多頻段感測器設計</td> </tr> </table> <p>113年工項</p> <table border="1" data-bbox="276 788 1075 954"> <tr> <td data-bbox="276 788 1075 844">研究議題</td> </tr> <tr> <td data-bbox="276 844 1075 900">THz 感測器材料分析</td> </tr> <tr> <td data-bbox="276 900 1075 954">晶片化 THz 感測器設計</td> </tr> </table> <p>114年工項</p> <table border="1" data-bbox="276 1043 1075 1209"> <tr> <td data-bbox="276 1043 1075 1099">研究議題</td> </tr> <tr> <td data-bbox="276 1099 1075 1155">高頻多頻段多像素感測器材料分析</td> </tr> <tr> <td data-bbox="276 1155 1075 1209">整合高頻多頻段多像素感測器設計</td> </tr> </table>	研究議題	30T~100T 感測器材料分析	高頻多頻段感測器設計	研究議題	THz 感測器材料分析	晶片化 THz 感測器設計	研究議題	高頻多頻段多像素感測器材料分析	整合高頻多頻段多像素感測器設計
研究議題										
30T~100T 感測器材料分析										
高頻多頻段感測器設計										
研究議題										
THz 感測器材料分析										
晶片化 THz 感測器設計										
研究議題										
高頻多頻段多像素感測器材料分析										
整合高頻多頻段多像素感測器設計										
八 預 期 成 果	<p>績效指標(KPI)：</p> <p>晶片化整合高頻、多頻段感測器之設計及特性分析，包含國內製程可取得及材料特性。</p> <p>預期成果(後續運用武器系統說明)：</p> <p>本計畫成果所開發之高頻多頻段感測器，可應用於空間與功耗有限之國防裝備，例如機載或彈載之雷達。</p>									
九 研 發 成 果 歸 屬	本計畫研發成果歸屬： <input type="checkbox"/> 國防部 <input type="checkbox"/> 中科院 <input checked="" type="checkbox"/> 學研機構。									

國家中山科學研究院 112 年國防先進科技研究計畫申請書

計畫名稱：極超音速環境高溫熱防護材料熱衝循環數值模擬分析與驗證技術開發經費額度：		
需求提案單位：材電所加測組	聯絡人：廖健鴻	電話： (03)4712201#357097
預判合作校方：未定		
項次	項目	計 畫 內 容
一	計畫背景	<p>當超高速巡弋載具以高馬赫飛行時，由於激波壓縮、黏性摩擦等作用，造成載具壁面溫度升高，引起強烈的氣動加熱，對材料而言是非常嚴苛的環境，因此，合適的熱防護材料對載具的性能來說尤為重要。本院發展熱防護材料至今，除風洞及飛試外，傳統地面試驗並不適用於材料在極高速飛行時所遭遇的高低溫劇烈變化量測，以材料開發而言，如何確保該熱防護材料可以在不同的溫度區間正常的運作，節省後續飛行載具驗測成本，以及加速開發時程，材料高溫熱衝循環測試技術及相關模擬分析能量具開發之必要性。</p>
二	計畫目的	<p>配合本院熱防護材料研發之需求，開發符合高溫熱衝循環之數值模擬分析技術，用以評估現有及新開發之材料應用於熱防護材料之可行性，並建立可模擬熱防護材料在實際應用場域所遭受的高低溫劇烈變化之實體驗證測試技術，用以驗證現有及新開發之熱防護材料性能。為利本院後續熱防護相關專案計畫之應用，並與本院現有熱防護材料分析設備及環試設備連動，本案相關驗證測試技術開發過程中，實體驗測裝置須建置於本院。</p>
三	研究議題	<p>第 1 年 本案初期為相關能量整建評估階段，進行熱防護相關文獻資料蒐集彙整，以進行可行性評估，包含可應用於高溫熱衝循環數值模擬分析之模型及演算法則、熱防護材料之測試相關設備資訊、應用場景模擬設計、實體驗證測試裝置之設計等。</p> <p>第 2-3 年 開發高溫熱衝循環數值模擬分析技術，建立高溫熱衝循環測試技術： 1. 建立材料高溫熱衝循環數值模擬分析技術 本院現有模擬分析技術，可分析載具整體或局部模組於巡弋時</p>

遭受之氣動力及氣熱狀態，期能藉由本案與承案校方合作，由承案校方以現有可量測之材料高溫性質，搭配模擬分析技術，評估材料在應用場景狀態下之性能，並可針對不同材料之高溫熱衝循環能力進行模擬分析，建立此數值模擬分析技術後，再與本院現有之分析技術整合，使其模擬分析更接近真實情況。

2. 開發實體驗證技術

本院目前對材料之熱性質及熱防護性能之實體量測能量有限，包含材料之高溫性質及高溫應用場域性能測試(如熱衝、溫循、振動等)，為能更完整量測本院現有及未來開發之熱防護材料性能，需進行高溫熱衝循環複合之實體測試技術全系統開發，內含加熱系統、載台移動系統、量測系統、控制系統、真空系統、供氣系統及其他附屬次系統等，可在設定的條件下，測試材料的高溫特性，包含耐溫性、抗熱衝性質、絕熱性(高溫溫度梯度分佈)、高溫熱衝循環耐震性等，並和本院現有環試設備連動，以更完整評估其作為熱防護材料之性能。本項實體驗證技術及驗測裝置完成後，將由本院單位進行功能測試，並進行實際材料熱防護性能量測。

第 4 年

高溫熱衝循環數值模擬分析技術與實體驗測技術交互驗證:利用現有之熱防護材料(包含商購材及本院開發之材料)，進行高溫熱衝循環性能模擬分析，再以開發之實體驗證技術進行性能實測，以進行交互驗證，擴大模擬分析之應用範圍，減少未來熱防護材料之研發成本並加速開發時程。

項次	產製單位	產出品項	產出物類別	數量	需求規格
1	學研單位	模擬分析模型	軟體	1	1. 進行極音速流場總體熱負荷研究 2. 完成考量熱防護材料熱物理參數為溫度函數時之熱傳數值模擬分析
2	學研單位	模擬分析模型	報告	1	3. 熱防護模組在高溫溫度梯度條件下，與均勻的表面壓力作用下的應力與裂紋缺陷反應 4. 分析代表性體積元素中內含缺陷之均質化材料特

					<p>性，從局部模型中分析微尺度下之缺陷狀態</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. 完成需求方提供的熱防護材料之熱傳物理模型，數值模擬程式建立及驗證 6. 極音速衝擊流場輻射熱傳量與壁面影響之研究分析模式 7. 完成需求方提供的熱防護材料在應用場域下的數值模擬分析技術及性能評估。 8. 將熱流模擬所得暫態溫度場匯入全域-局部有限元素模擬方法，評估熱防護模組在應用環境中氣動力熱機械負載作用下的應力與裂紋缺陷反應 9. 可應用於高溫熱衝循環數值模擬分析之模型及演算法則
3	學研單位	熱防護材料實體驗證設備	硬體	1	<p>須產出符合下列規格之熱防護材料實體驗證設備及一份分析報告，報告內容須包含該設備之設計概念、功能說明、實際測試數據等資料。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 熱通量：70-150 W/cm²。 2. 需可放檢測樣品體積 1000 cm³ 3. 氣氛：大氣環境及氮氣氣氛環境 4. 量測系統數據紀錄：可量樣品背面溫度、讀取爐內環境溫度及熱通量值 5. 可依設定程序反覆快速升降溫以模擬載具飛行時可能遭遇之溫度變化 6. 需有適當設計可達成試樣單面受極高溫而從另一面量測試樣溫度之功能 7. 可針對金屬、陶瓷、複材等不同類型材料/模組進行測試，並可依材料屬性 & 需求設定不同測試溫度
4	學研單位	熱防護材料實體驗證設備	報告	1	

					範圍 8. 高溫熱衝循環實體驗證測試設備標準操作程序 9. 特殊熱防護材料之測試報告，評估材料之熱防護特性
5	學研單位	全案綜整報告	報告	1	全案整合報告 1 份，整合報告須包含下列內容： 1. 完成需求單位提供的熱防護測試材料，進行高溫熱衝循環性能模擬分析，再以開發之實體驗證技術進行性能實測及交互驗證評估 2. 將發展之有限元素應力與破裂模擬方法用於分析其他熱防護材料或模組受高溫熱衝循環作用之準確性評估 3. 以模擬方式評估熱防護模組部件幾何尺寸對結構應力與可靠性之影響

依上述各年之工項分配，本案之分年工項經費分配表如下表一所示，成本架構則如下表二所示。

表一、分年工項增列經費分配表

研究議題	承接單位		
	中科院	學研單位	小計
高溫熱防護材料熱衝循環數值模擬分析(111)	10	225	235
高溫熱防護材料熱衝循環實體驗證技術(111)	15	250	265
高溫熱防護材料熱衝循環數值模擬分析(112)	86	710	796
高溫熱防護材料熱衝循環實體驗證技術(112)	200	1000	1200
高溫熱防護材料熱衝循環數值模擬分析(113)	86	710	796

高溫熱防護材料熱衝循環實體驗證技術(113)	200	1000	1200
高溫熱防護材料熱衝循環數值模擬分析(114)	80	165	245
高溫熱防護材料熱衝循環實體驗證技術(114)	85	170	255
總計(萬元)	762	4230	4992

表二、成本架構表

預算分配								
單位(萬元)	學研單位				中科院			總計
年度/項目	人事費	材料及 其他費 用	測試費	管理費	人事費	材料及 其他費 用	管理費	
111	350	100		25			25	500
112	416	940	200	154	260		26	1996
113	416	940	200	154	260		26	1996
114	200	105		30	150		15	500
小計	1382	2085	400	363	670		92	
總計	4230				762			4992

四	運用構想	<p>基於本院於耐高溫、耐燒蝕等高溫材料已有相當的研發經驗，然而對於這些材料作為熱防護材料時，僅能以現有的設備分析其特定的高溫性質，若需更進一步的性能分析，則僅能依靠風洞吹試或飛試等高成本的測試方式，且無法完全模擬極音速巡弋載具所可能遭遇的嚴苛環境條件，因此希望藉由本案的執行，籌獲下列能量，彌補現有能量不足的困境：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建立材料的高溫熱衝循環模擬分析技術，可針對現有及新開發的熱防護材料進行分析，以估算材料在高溫熱衝循環的條件下之性能，評估其運用於熱防護材料的可行性。並且經過與實體測試裝置交互驗證後，可作為材料設計開發應用，減少研發成本。 2. 開發高溫熱衝循環驗證技術，應用溫度範圍由可設定溫度至1700°C以上，且可執行變溫之需求並反覆試驗，以了解材料之溫度耐受性，主要用於複合陶瓷、結構陶瓷、氧化物陶瓷、硬質合金、燒蝕性材料、C/C 複材等熱防護材料之抗熱衝能力與試樣溫度梯度量測，並建立高溫熱衝循環測試功能，以評估材料之熱防護特性，並可和數值分析模擬技術比對，擴大其應用範圍並縮短熱防護材料開發期程。
五	預期成果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建立材料高溫熱衝循環模擬分析技術，可對不同材料進行熱防護特性分析，並與實體測試裝置交互驗證，擴展應用範圍，同時可提昇本院原有之模擬分析能量，並可減少研發成本及時程。 2. 建立高溫熱衝循環實體驗證技術，應用溫度範圍由可設定溫度至1700°C以上，測試腔體具備變溫功能，可執行試樣抗熱衝能力、試樣溫度梯度量測、高溫熱衝循環測試等功能，開發之實體驗測裝置並可和本院現有硬體能量連動，以獲得更完整的熱防護材料特性，並驗證模擬分析之結果。

「國防先進科技研究計畫」技術備便水準（TRL）評估表

項次	關鍵技術名稱	現有 TRL 等級	現有 TRL 評定理由	結案後之 TRL 等級	風險評估說明
1	極超音速環境高溫熱防護材料熱衝循環數值模擬分析與驗證技術開發	1	此項關鍵技術為因應本院高溫熱防護材料開發及應用場域之需求而需建立之技術，先前並無此項關鍵技術之研究。	4	高溫熱防護材料涵蓋金屬、陶瓷、複材等不同特性之材料領域，不同材料之應用位置及測試需求規格亦不同，此項關鍵技術需滿足不同材料之需求，難度相當高，需配合現有材料及本院新開發之材料/模組進行研製精進。