

「次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発」

中間評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	9
評点結果	14
（参考）評価項目・評価基準	17

はじめに

本書は、第35回研究評価委員会において設置された「次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発」(中間評価)の研究評価委員会分科会(第1回(平成25年8月27日))において策定した評価報告書(案)の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第37回研究評価委員会(平成25年12月4日)にて、その評価結果について報告するものである。

平成25年12月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発」分科会
(中間評価)

分科会長 宮本 岩男

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成25年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	みやもと いわお 宮本 岩男	東京理科大学 基礎工学部 電子応用工学科 嘱託教授
分科会長 代理	いしはら すなお 石原 直	東京大学 大学院工学系研究科 特任教授
委員	いとう じゅんじ 伊藤 順司	住友電気工業株式会社 常務執行役員 研究統轄本部 副本部長 パワーシステム研究開発センター長
	うえの たくみ 上野 巧	信州大学 ファイバーイノベーション・インキュベータ 特任教授
	ささご まさる 笹子 勝	パナソニック株式会社 オートモティブ&インダストリアル システムズ社 セミコンダクター事業部 マニュファク チャリング総括 プロセス開発センター 次世代技術グル ープ グループマネージャー
	すずき あきよし 鈴木 章義	キヤノン株式会社 NGL 第2開発部 フェロー
	にしやま いわお 西山 岩男	九州工業大学 大学院工学府電気電子工学専攻 非常勤講師

敬称略、五十音順

プロジェクト概要

		最終更新日	平成25年8月7日
プロジェクト名	次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発（超低電力デバイスプロジェクト）	プロジェクト番号	P10025
担当推進部/担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部 小野英輝（2011年3月～2011年10月） 電子・材料・ナノテクノロジー部 青山敬幸（2011年10月～2013年8月現在） 電子・材料・ナノテクノロジー部 明日徹（2013年6月～2013年8月現在）		
0. 事業の概要	次世代の半導体露光方式として最有力視されている極端紫外線（Extreme Ultra Violet、以下、「EUV」という。）リソグラフィにおいて、hp11nm以細に対応可能なEUVマスク検査関連技術並びにレジスト材料基盤技術開発として、EUVマスクブランク（多層膜を積層したマスク基板）やマスクパターン（ブランク表面上のEUV光の吸収層パターン）の欠陥検査・評価・同定技術、およびレジスト材料の露光性能やアウトガスを含めた材料開発や評価技術など、hp11nm以細に対応可能な技術の基盤を確立する。		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>我が国経済を支える先端産業である、情報家電、コンピュータ、通信装置、自動車、医療機器などの競争力強化に不可欠な基盤技術は、半導体LSIの微細化技術である。これまで、微細化技術の進展による半導体LSIの集積度は、3年で4倍という急速な速度で推移してきており、2010年には、技術世代 hp45nm の製品が量産され始めている。今後も情報家電やロボットなどのシステムに求められる高集積化・低コスト化および低電力化を同時に実現するためには、更なる微細化が必要であり、引き続き重要な技術課題である。</p> <p>海外では産学官連携の下で、これらの技術課題の解決に向け、欧州のIMECや米国のSEMATECHといった様々なコンソーシアムやアライアンスを中心に、精力的な取り組みがなされ、世界の関連企業を取り込んだグローバルな開発が行われている。一方、日本では世界的な半導体ビジネス・技術開発のパラダイム変化に伴い、最先端プロセスを指向するデバイス企業は減少しているものの、装置・材料等の関連産業においては未だ強みを維持しており、日本の強みを活かすことにより世界に先駆けて半導体LSIの更なる微細化という重要な技術課題を克服できると期待される。</p> <p>以上のように、本プロジェクトは、我が国の半導体関連産業（デバイス、マスク、装置及び材料）の国際競争力強化に貢献すると期待されるため、本プロジェクト推進の必要性は高い。</p>		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	EUV マスクブランク（多層膜を積層したマスク基板）やマスクパターン（ブランク表面上のEUV光の吸収層パターン）の欠陥検査・評価・同定技術、およびレジスト材料の露光性能やアウトガスを含めた材料開発や評価技術など、hp11nm以細に対応可能な技術の基盤を確立する。 NEDOロードマップ上の半導体LSI微細化に資する。本プロジェクトでは、波長13.5nmのEUVを用いるEUVリソグラフィにかかるマスク技術と関連検査技術、レジスト材料等の課題に取り組む。EUVリソグラフィはマスクパターンの光学的縮小投影方式であり、露光波長がエキシマレーザーの1/10以下であるためhp22nm以細の技術領域に適用可能であること等から、次世代リソグラフィの最有力候補と位置づけられている。		

研究開発項目①

EUV マスク検査・レジスト材料技術開発では、EUV マスクブランク欠陥検査(Blank Inspection、以下、「BI」という。)、EUV マスクパターン欠陥検査 (Pattern Inspection、以下、「PI」という。)、レジスト材料評価に関する基盤技術開発目標として以下を提示する。

【中間目標】

2013 年度末までに以下の目標を達成する。

(1) EUV マスクブランク欠陥検査技術開発

hp16nm 微細加工技術に対応する EUV マスクブランクの許容欠陥の指標、および、EUV マスク BI 装置において 6 インチブランク全域にわたり位相欠陥を検出する際の欠陥検出感度や検出確率などの指標を明確化し、これらの指標に対応可能な EUV マスク BI 基盤技術を確立する。また、hp11nm 以細に対応する BI 技術における課題を明確にする。

(2) EUV マスクパターン欠陥検査技術開発

hp16nm 微細加工技術に対応する EUV マスクパターンの許容欠陥の指標、および、EUV マスク PI 装置において 6 インチブランク全域にわたりパターン欠陥を検出する際の欠陥検出感度や検出確率などの指標を明確化し、これらの指標に対応可能な EUV マスク PI 基盤技術を確立する。また、hp11nm 以細に対応する PI 技術における課題を明確にする。

(3) EUV レジスト材料技術開発

解像度 hp16nm のレジストについて、LWR (Line Width Roughness)、感度、アウトガスの合否基準を策定し、それらの基準を満足するレジスト材料を開発する。また、hp11nm 以細に対応するレジスト材料における課題を明確にする。

【最終目標】

2015 年度末までに以下の目標を達成する。

(1) EUV マスクブランク欠陥検査技術開発

hp11nm 以細の微細加工技術に対応する EUV マスクブランクの許容欠陥の指標、および、EUV マスク BI 装置において 6 インチブランク全域にわたり位相欠陥を検出する際の欠陥検出感度や検出確率などの指標を明確化し、これらの指標に対応可能な EUV マスク BI 装置基盤技術を確立する。

(2) EUV マスクパターン欠陥検査技術開発

hp11nm 以細の微細加工技術に対応する EUV マスクパターンの許容欠陥の指標、および、EUV マスク PI 装置において 6 インチブランク全域にわたりパターン欠陥を検出する際の欠陥検出感度や検出確率などの指標を明確化し、これらの指標に対応可能な EUV マスク PI 装置基盤技術を確立する。

(3) EUV レジスト材料技術開発

解像度 hp11nm 以細のレジストについて、LWR、感度、アウトガスの合否基準を策定し、それらの基準を満足するレジスト材料を開発する。

NAND フラッシュメモリの微細化に関する国内企業の開発動向に合わせるため、「(3) EUV レジスト材料技術開発」の最終目標を下記のように変更した。(基本計画の変更 (2013 年 2 月))

解像度 hp11nm 以細のレジストについて、LWR、感度、アウトガスの合否基準を策定し、それらの基準を満足するレジスト材料を開発する。また、開発した EUV レジストをベースに他のレジスト材料を組み合わせるにより、hp11nm 以細のレジスト技術を実現する。

研究開発項目②

EUV マスク検査装置・レジスト材料基盤技術開発では、EUV マスク BI 装置開発、EUV マスク PI 装置開発、EUV レジスト材料基礎研究に関する目標として以下を提示する。

(1) EUV マスクブランク欠陥検査装置開発

hp16nm 以細に対応する BI 装置の設計を完了させると共に、装置構成において核となる要素技術の有効性を明確化する。

(2) EUV マスクパターン欠陥検査装置開発

hp16nm 以細に対応する PI 装置の設計を完了させると共に、装置構成において核となる要素技術の有効性を明確化する。

(3) EUV レジスト材料基礎研究

得られた知見や新規技術に関する研究成果が、hp16nm 以細へのレジスト材料開発にとって有効であることを示す。

事業の計画内容	主な実施事項	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy
	NEDO 技術開発研究開発項目① [共同研究]		←				→

	NEDO 技術開発研究開発項目② [委託]							
開発予算 (単位：百万円) 契約種類： 委託 共同研究（負担率 1/2）	会計・勘定	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy	総額
	一般会計	0	2,999	1,432				
	特別会計 (需給)				1,600			
	総予算額	0	2,999	1,432	1,600			
	(共同研究) ：負担率 1/2 (委託)		864	1,432	1,600			
開発体制	経産省担当原課	商務情報政策局 情報通信機器課						
	プロジェクトリーダー	渡邊久恒 株式会社 EUVL 基盤開発センター 代表取締役社長						
	委託先	<p>研究開発項目①[2011年度～2015年度] 共同研究先：株式会社 EUVL 基盤開発センター (EIDEC) 参加企業：旭硝子株式会社/大日本印刷株式会社/富士フイルム株式会社/HOYA 株式会社/JSR 株式会社/株式会社ニコン/日産化学工業株式会社/ルネサスエレクトロニクス株式会社/信越化学工業株式会社/東京エレクトロン株式会社/東京応化工業株式会社/凸版印刷株式会社/株式会社東芝 共同実施先：インテルコーポレーション(米国)/サムスン電子(韓国)/サンディスク コーポレーション(米国)/SK ハイニックス(韓国)/台湾セミコンダクター・マニュファクチャリング・カンパニー(台湾)/レーザーテック株式会社/株式会社荏原製作所/東京エレクトロン株式会社 再委託先：国立大学法人大阪大学/公立大学法人兵庫県立大学/国立大学法人東北大学</p> <p>研究開発項目②[2010年度～2011年度] 委託先：株式会社 EUVL 基盤開発センター (EIDEC)/国立大学法人大阪大学 参加企業：旭硝子株式会社/大日本印刷株式会社/富士フイルム株式会社/HOYA 株式会社/JSR 株式会社/日産化学工業株式会社/ルネサスエレクトロニクス株式会社/信越化学工業株式会社/東京応化工業株式会社/凸版印刷株式会社/株式会社東芝 共同実施先：インテルコーポレーション(米国)/サムスン電子(韓国)/サンディスク コーポレーション(米国)/SK ハイニックス(韓国)/台湾セミコンダクター・マニュファクチャリング・カンパニー(台湾)/レーザーテック株式会社/株式会社荏原製作所 再委託先：公立大学法人兵庫県立大学</p>						

情勢変化への対応	<p>(1) 東日本大震災 2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による東日本大震災により損傷した産業技術総合研究所のスーパークリーンルームにある機器の修理のため、研究開発項目②の委託費用を2011年6月に2.2億円増額した。</p> <p>(2) 他のレジスト開発 NANDフラッシュメモリの微細化に関する国内企業の開発動向に合わせるため、開発したEUVレジストをベースに他のレジスト材料を組み合わせるによりhp11nm以細のレジスト技術を実現する開発を2013年度から開始した。</p> <p>(3) フルフィールド露光評価 2012年度までのEUVレジスト材料技術開発において、中間目標であるhp16nmを上回る解像度hp15nmのEUVレジスト材料の開発に成功した。これらの成果を受けて、実用化を見据え基本性能が実証されたEUVレジスト材料のフルフィールド露光機による評価を実施する。</p> <p>(4) レジストhp11nm対応露光装置 hp11nmのレジスト材料開発に対しては、新たにNA=0.5のHSFETを製作する。</p> <p>(5) 技術推進委員会 (5)-1 第1回技術推進委員会(2012年2月8日実施) 2012年2月8日に、研究開発項目②「EUVマスク検査装置・レジスト材料基盤技術開発」の評価を兼ねて第1回技術推進委員会を実施した。 事業の必要性、重要性を認めて頂き、達成された成果も妥当との意見を頂いた。これを基に、研究開発項目②「EUVマスク検査装置・レジスト材料基盤技術開発」は研究開発項目①「EUVマスク検査・レジスト材料技術開発」と統合して共同研究事業を実施することが了承された。</p> <p>(5)-2 第2回技術推進委員会(2012年11月13日実施) 設定目標に対する進捗の達成度を確認したうえで、委員の専門性を活かした中間目標達成のためのコメントを頂いた。</p>		
	中間評価結果への対応	2013年8月中間評価実施のため現時点記載すべき事項無し。	
評価に関する事項	事前評価	2010年度実施 担当部 電子・材料・ナノテクノロジー部	
	研究開発項目②の評価	2011年度(2012年2月8日)技術推進委員会において研究開発項目②の評価を実施	
	中間評価	2013年度 中間評価実施予定	
	事後評価	2016年度 事後評価実施予定	

Ⅲ. 研究開発成果について	<p>本研究開発の成果は、世界最高水準のEUVマスクBI装置、EUVマスクPI装置、EUVレジスト材料の実現にあたりとともに、最先端半導体デバイスプロセス市場における日本企業の競争力強化が可能となる。つまり、EUVリソグラフィに関する技術開発においては、製造装置開発・材料開発・プロセス開発など広い範囲の連携が必要と想定される。それぞれが幅広く、かつ有機的に関係するため、製造装置開発に直接かかわる事業者だけでなく、材料メーカー、デバイスメーカーをはじめとする種々の関連産業においても、技術の底上げと雇用の促進が期待され、同時に、EUVリソグラフィの専門性を備えた人材の育成が期待できる。</p>	
	研究開発項目①(見込みはいずれも2014年3月)	<p>(1) EUVマスクブランク欠陥検査技術開発 BI装置を組上げて完成させ、プログラム欠陥を用いた画像データから、基本機能が達成されていることを確認した。BI装置の欠陥検出効率向上のための基本検討を行って基本仕様をまとめ、マスクブランク欠陥のウェハへの転写性を高精度で評価して欠陥検出感度の要求値を明確にした。</p> <p>(2) EUVマスクパターン欠陥検査技術開発 PI装置を高感度化、及び高スループット化するためのコア技術を開発する見込み。EUVマスクの電子線像の確認と、照明光学系と結像光学系の電子透過率に注目しその性能を精密に評価する手法を確立する見込み。</p> <p>(3) EUVレジスト材料技術開発 EUVレジスト材料開発を進め、解像度、LWR、感度、アウトガスの観点で優れた特性を持つレジスト材料・プロセスを開発する見込み。さらに、hp11nm以細に対する開発目標とマイルストーンを設定する。EB照射方式によるレジストアウト評価手法を確立し、EUV光照射方式(兵庫県立大学への再委託)との相関を取得した。そのレジストアウトガス評価手法の妥当性の検証をする見込み。EUVレジスト技術をベースに他のレジスト材料を用いて、EUVによる転写パターンのサイズの縮小を可能にするレジストプロセス技術を開発し、hp11nm以細のパターンが形成できる材料・プロセス技術を実現する。</p>

	<p>研究開発項目②</p> <p>(1) EUV ブランク欠陥検査装置開発 EUV 光を用いた量産のための BI 装置を実現するための装置の基本設計をおこない、より高効率化を目指し、光源、光学系等の最適設計を実施した。照明強度を高輝度化させることにより、45 分程度で欠陥検査できることを達成した。</p> <p>(2) EUV マスクパターン欠陥検査装置開発 電子ビームを用いた写像投影方式による欠陥検査技術を確立する為の高分解能写像投影光学系を開発した。hp16nm に対応した高分解能写像投影方式電子ビーム光学系に対する要求仕様を明確にした。上記にて明確化される高分解能写像投影方式電子ビーム光学系の要求仕様に基づいて、EUV マスク欠陥検査装置の核となる新たに開発する高分解能写像投影方式電子ビーム光学系を製作する。</p> <p>(3) EUV レジスト材料基礎研究 これまでのレジストモデルの拡張を行うとともに逆解析アルゴリズムの高精度化を行い、SFET(Small Field Exposure Tool)によるレジスト露光に適用し、hp16nm、hp11nm に向けたレジスト設計指針を得た。hp16nm レジストパターン作成に重要な工程である現像・リンス工程に対して行い、該パターン形成に向けての材料、現像(液)プロセス、リンス(液)プロセス方針を明確にした。 ・アウトガスとコンタミ膜厚評価の基礎手法を習得したうえで、レジスト材料の量産プロセスの使用条件を考慮したアウトガスとコンタミ膜厚評価用サンプル作成技術を構築し評価技術の標準化に向けた提案を行った。</p>	
	投稿論文	「査読付き」60 件、「その他」58 件
	特 許	「出願済」15 件、「登録」2 件、「実施」0 件 (うち国際出願 2 件) 特記事項：なし
	その他の外部発表 (プレス発表等)	<p>「ルネサス、共同開発に参加、次世代半導体の企業連合始動材料含め競争力を確保」(日本経済新聞 9面2011年6月10日)</p> <p>「超低電力デバイス実現へ開発着手、次世代半導体微細加工・評価基盤技術 NEDO など」(化学工業日報 朝刊 5面 2011年6月13日)</p> <p>EIDEC シンポジウム 2011 2011年6月17日 品川プリンスホテル 170名</p> <p>EIDEC シンポジウム 2012 2012年5月11日 コクヨホール(品川) 200名</p> <p>EIDEC シンポジウム 2013 2013年5月21日 コクヨホール(品川) 230名</p>
IV. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	<p>本プロジェクトは 2015 年度で終了するが、その後、マスク検査装置開発、EUV レジスト材料開発を企業において本格化し、hp16nm 対応は 2015 年から、hp11nm 対応は 2017 年からプロトタイプの検証を開始し、2~3 年の量産化開発を経て量産製品出荷を見込む。これにより ITRS^(*) ロードマップに対応するので、検査装置市場、材料市場の広がりが予想できる。これらより、成果の実用化可能性、波及効果および事業化までのシナリオは十分に見込まれると考える。</p> <p>(*)最新の ITRS は 2012 年版</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	2010 年 12 月 作成
	変更履歴	2013 年 2 月 改訂 (EUV レジスト材料技術開発における最終目標の追加修正)

技術分野全体での位置づけ

(分科会資料 5-2 より抜粋)

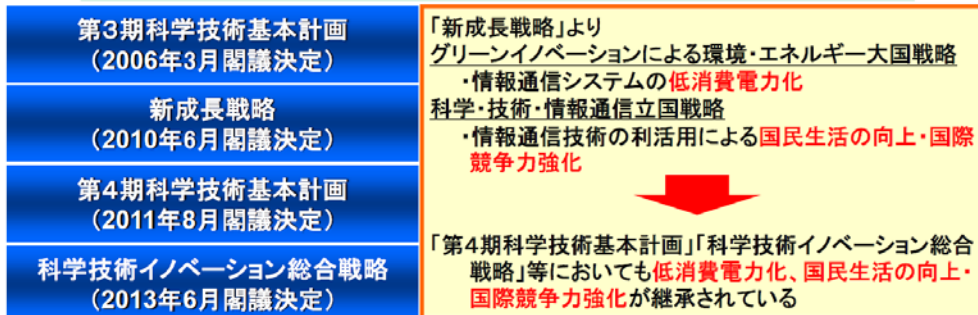
I. 事業の位置付け・必要性

(1)NEDOの事業としての妥当性

政策上の位置付け

公開

本プロジェクトは、「新成長戦略」等の**低消費電力化**、**国民生活の向上・国際競争力強化**という政策に基づいている



科学技術イノベーション総合戦略「第2章 科学技術イノベーションが取り組むべき課題 工程表」より

現在	2015年	2020年	2030年
<情報機器>			
<ul style="list-style-type: none"> 超低消費電力デバイスの基礎技術開発 <ul style="list-style-type: none"> 極端紫外光(EUV)による微細化・低消費電力技術開発 不揮発性素子等の開発 不揮発性素子等を利用するリト・ルトの開発 半導体チップの三次元実装技術の開発 超低消費電力光通信の基礎技術開発 <ul style="list-style-type: none"> 光電子リト・ルト回路集積技術開発 実用化技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 超低消費電力デバイスの開発 <ul style="list-style-type: none"> 半導体部分の消費電力1/10以下の達成 デバイスの超低電圧化を実現 半導体チップの三次元実装技術の実現 超低消費電力光通信の開発 		<ul style="list-style-type: none"> 同技術による製品を開発・実用化

I. 事業の位置付け・必要性

(1)NEDOの事業としての妥当性

NEDO第2期中期計画(2008年-2012年)における位置付け

公開

「高度な情報通信社会の実現」、「IT産業の国際競争力の強化」のため、**情報技術開発分野の半導体における技術開発の一環として実施**

第3期中期計画(2013年-2017年)においても継承

●高度情報通信社会とそれを支える技術分野

電子政府、シミュレーション

IPを用いた各種のアプリケーション

いつでも、だれでも、どこでも(ユビキタス)



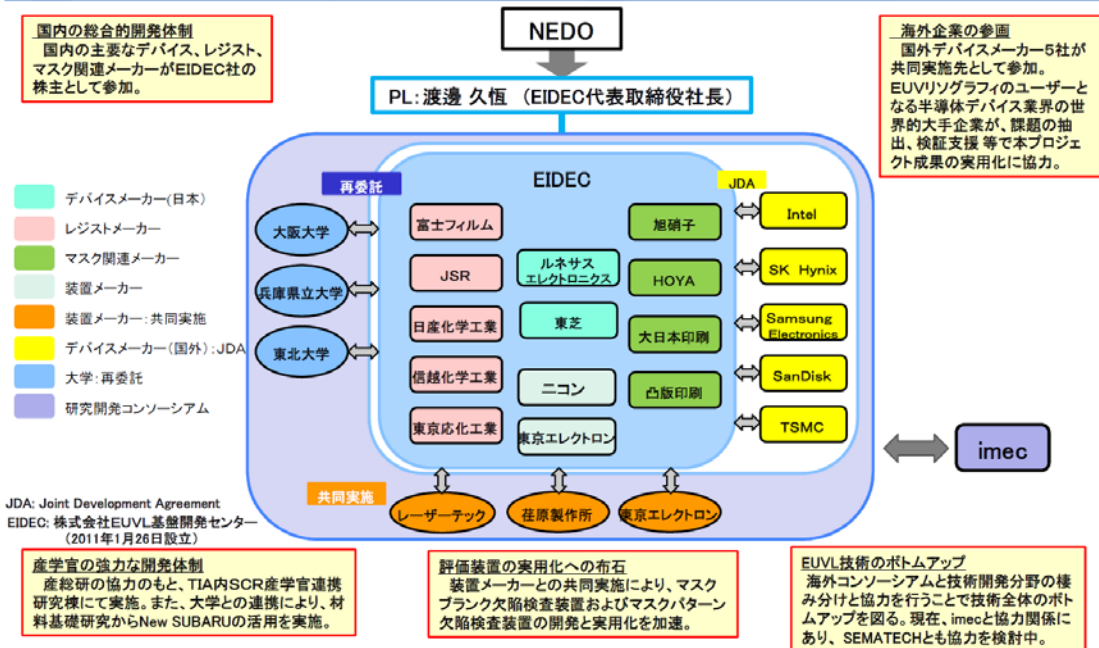
「次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発」

全体の研究開発実施体制

II. 研究開発マネジメント
(3) 研究開発の実施体制

研究開発の実施体制

公開



「次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発」（中間評価）

評価概要（案）

1. 総論

1) 総合評価

半導体集積回路の微細化技術は、IT イノベーションを基盤で支える技術であり、その本命が EUV（Extreme Ultraviolet；極端紫外線）リソグラフィに集約された現在、本プロジェクトの技術的位置づけについて疑問を差し挟む余地は少ない。日本の産業の発展と維持のためにも、日本が得意とするブランク、マスクやレジストの維持・拡張は重要であり、その為に、EUV マスクブランク欠陥検査技術の開発、EUV マスクパターン欠陥検査技術の開発およびレジスト材料の開発等を統合して NEDO 主導で本プロジェクトを推進することは有意義である。担当機関の役割分担等も明確であり、良くマネジメントされている。また、個別テーマ毎に多少の差はあるが、概ね目標に向かって着実に進展している。

しかしながら、EUV リソグラフィ技術は総合技術（全ての技術要素が揃って初めて性能が出る）なので、実用化を目指すに当たっては、我が国で技術開発をカバーしていない露光装置についても、継続的な情報収集に留意してプロジェクトを推進する必要がある。個別テーマの中で、マスクパターン欠陥検査技術は、競合する他の技術との差別化を明確にすることが必要である。

2) 今後に対する提言

実用化を目指すとき、「技術が完璧に仕上がってなくても使えるところから使っていく」というスタンスと、「スペック決めや性能評価」における柔軟な対応は、EUV リソグラフィの特徴を活かして実用化につなげていく上で有効な進め方である。

また、検査機器などは他技術への転用を積極的に考えて欲しい。ナノメートルレベルの欠陥制御は今後の半導体における必須技術である。なお、写像投影型電子ビームを用いたマスクパターン欠陥検査技術の開発に関しては、電子ビーム光学系の専門家や企業が追加的に参画した方が良いのではないかと。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

デバイスの省エネの観点で微細化は重要であるが、微細化への対応限界を打

破する EUV リソグラフィ技術は、フォトリソグラフィ技術に比べて多くの高度な技術開発課題を抱え、リスクが大きく、かつ資金の必要な開発項目であり、NEDO の関与は必須な事業である。また、本プロジェクトを推進することは、マスクブランク欠陥検査装置メーカー、マスクパターン欠陥検査装置メーカーやレジスト材料メーカーの他、ブランクスメーカー、マスクメーカーやデバイスメーカーの進展・拡大に寄与するのみならず、電気機器メーカー、精密機器メーカー等の業績にも寄与する所が大きい。

2) 研究開発マネジメントについて

目標をマスク、レジスト関連に絞ったのは妥当である。マネジメント体制はクリアで適切であり、NEDO の主導と、プロジェクトリーダーの指導のもと、各参画企業が実用化・企業化に向かって邁進している。さらに、プロジェクト推進に当たって、技術開発対象の将来のユーザ（実用化、成果活用の担い手）に技術開発の段階から深く関与してもらっており、「ユーザニーズの早い段階からの取り込み」の視点から重要な技術開発マネジメントであると評価する。

一方、NAND 型フラッシュメモリは現在のロードマップより更に微細化が早く進行すると考えられるので、それに対する対応が必要である。また、ベンチマークは事業性の観点からも進めていただきたい。なお、現状の数値だけでなく、技術ポテンシャル、競合他社の進展度合いの推定、コスト、シェアなども含めて情報収集、分析をお願いしたい。特にマスクパターン欠陥検査は海外独占が甚だしい分野であるが、我が国発の事業化を達成してほしい。しかし、現状の写像投影型電子ビームによるマスクパターン欠陥検査装置の開発計画では、明らかに優位性が不明確であり、目標を含めた再構築が必要である。また、EUVA（技術研究組合「極端紫外線露光システム技術開発機構」）の露光装置に関する成果を EUV マスクパターン欠陥検査技術の開発に活かす事が重要ではないだろうか。

3) 研究開発成果について

マスクブランク欠陥検査、レジスト材料開発については中間目標を達成していると考えられる。

この成果は、EUV マスクブランクのメーカーのみならず、マスクブランクやデバイス製造の進展・拡大に寄与する所が多い。また、レジストに関しては現存するレジストの中で高性能な材料が選定されたと評価する。脱ガスについても新たな知見が得られた。さらに、光源の光量がアップした時に重要な役割を果たすと期待する。

一方、マスクパターン欠陥検査について、EB（Electron Beam；電子ビーム）

マスクパターン欠陥検査の技術開発は進捗しているものの、高速検査については、技術開発、および実用化に向けたユーザーメリットに関する課題を残していると考えられる。

4) 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

開発当初は、極めてチャレンジングとされた EUV リソグラフィも実用化一歩手前まで来ているが、半導体の微細化を支える本命技術として、もう一步の努力を期待する。なお、EUV マスクブランク欠陥検査装置、EUV レジストについては事業化の見通しがある。アウトガス評価の手法として、EB を用いる手法は、EUV との相関も取れ、実用のレベルに近づいているし、装置化する、あるいは商品化する企業の積極性も確認できた。

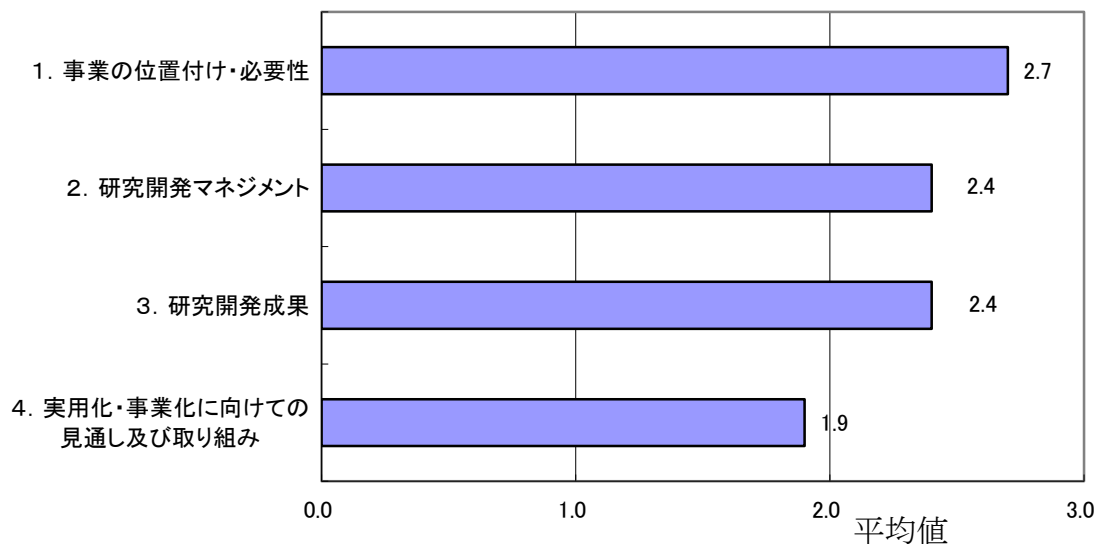
一方、EB マスクパターン欠陥検査は、対抗技術に対する優位性が現状では十分ではない。また、レジストは「強い光源が出来なければ実用化も出来ない」という光源開発に 100%依存した可否の議論でなく、「レジストの感度向上をはじめとして装置のスループット向上に寄与できる技術開発の可能性を探る」、あるいは、「それなりの露光時間が達成できた際の低スループット段階でも（特徴を活かした）応用先を開拓する」といったスタンスの検討をやって頂きたい。さらに、世界 3 極（日・米・欧）体制の中で、本プロジェクトの成果の占める位置を全体像の中でより明確にさせる必要がある。

個別テーマに関する評価

	<p>「研究開発成果」、「実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み」 および「今後に対する提言」</p>
<p>EUV マスクブランク欠陥検査技術開発</p>	<p>日本独自の技術で開発された、EUV マスクブランク検査は世界で標準使用される技術になるものと期待される。また、検出方式として正統的な取り組みであり、順調な成果が出ているものと評価できる。なお、ABI (Actinic Blank Inspection) 技術は、MIRAI プロジェクト発の優れた検査技術と評価され、本プロジェクトにおける装置化において更なる性能アップを図った上で、実用化されることを強く期待する。</p> <p>DUV (Deep Ultraviolet) 光のみでは無く、EUV 光を用いたマスクブランク位相欠陥検査装置は実用性が高いと考えられる。なお、EUV 光によるマスクブランク位相欠陥検査装置によるブランクの品質保証は必須であると、マスクメーカーやデバイスメーカーで共通の認識が形成されており、お互いの協力により、実用化・事業化は十分可能と考えられる。</p> <p>一方、光源強度不足などによって検査のスループットが低下することが懸念材料であり、競合相手の動向に注意する必要がある。さらに、光源の安定性、経時変化に許容度のあるシステムを構築していただきたい。また、画像処理も分解能、処理時間と相まって重要なので、注力をお願いしたい。なお、EUV 光照射時における付着異物の更なる低減やそれが発生した場合の洗浄技術の更なる進展が必要である。CSM (Coherent EUV Scatterometry Microscope) や明視野 EUV 顕微鏡を用いた研究では、EUV パターン検査と絡めた将来展開も考えて欲しい。</p>
<p>EUV マスクパターン欠陥検査技術開発</p>	<p>高分解能写像投影光学系を利用した hp16 nm に対応する EUV マスクパターン欠陥検査装置を開発し、それを用いてプリンタビリティ等が検討出来るように成った事は評価できる。また、従来の EB マスクパターン欠陥検査における低速という欠点を克服するため、画期的な性能向上 (EB 検査装置としては画期的な検査時間の短縮) を実現する技術開発と位置づけられ、目標達成に向けた努力は評価できる。さらに、パターン付きの検査はブランクスほど単純ではないので、EB の持つフレキシビリティで優位性のある検査の可能性が示されたと考える。</p>

	<p>一方、EB マスクパターン欠陥検査が光パターン検査に対して検査時間で優位性を出すことは極めて困難であるが、EB 検査を選択したからには、ユーザーに対して、検査時間を犠牲にしてもなおかつユーザーメリットが出せる使用方法や設置方法をよく検討する必要がある。なお、明確な競合技術が存在する中、他社ベンチマークと優位性確保の戦略が不十分である。実用化を見据えてベンチマークは厳しく実施していただきたい。</p> <p>なお、特に hp11nm に対してどこまでが限界か、明確にして頂きたい。</p>
EUV レジスト材料技術開発	<p>EUV レジスト材料開発では、各メーカーが個別に露光装置を購入できる状況にない。共同利用可能なレジストテストセンター機能は必須と考える。当プロジェクトの EUV 露光装置 SFET (Small Field Exposure Tool) を用いる露光実験は、レジストメーカーのレジスト材料開発を大いに加速している。また、現像プロセスをリアルタイムで追跡した成果は独創的である。</p> <p>解像度 hp16 nm のレジストについては LWR (Line Width Roughness) と感度の目標値をそれぞれクリアしており評価できる。なお、実用化の阻害項目である EUV 光照射時のレジストからのアウトガスに関連して、電子線によるアウトガス、コンタミネーションが EUV 光によるそれと精度良く相関することを実証したことは評価できる。また、本装置をベースとした電子線照射方式のアウトガス評価手法がデバイスメーカーとレジストメーカーの賛同を得ており、実用レベルに達する評価精度、スループットとコストを達成出来たことは、hp16 nm 世代のレジストアウトガス合否判定の評価法としての実用化が期待できる。</p> <p>一方、解像度 hp16 nm のレジストについては、LWR と感度の目標値を、同時に満足出来るレジストを開発する必要がある。hp11nm レジストはターゲットレベルが高く、化学増幅でなかなか解が見つからないことが予想されるが、現実的な目標値をレベルに応じて設定し、達成度が見えるようにしたい。</p> <p>EUV リソグラフィ実用化においてスループット確保が最大の難関となっている。レジスト感度は最大の露光時間が支配要因であると考え、レジスト材料開発において、あくなき高感度化の追究を継続的に進めて頂きたい。なお、高 NA (開口数) のレジスト評価装置の早期開発を望む。</p>

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	C	A	A	
1. 事業の位置付け・必要性について	2.7	A	A	A	A	C	A	A	
2. 研究開発マネジメントについて	2.4	B	A	A	A	C	A	B	
3. 研究開発成果について	2.4	A	A	A	B	B	B	B	
4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	1.9	B	B	B	B	C	C	A	

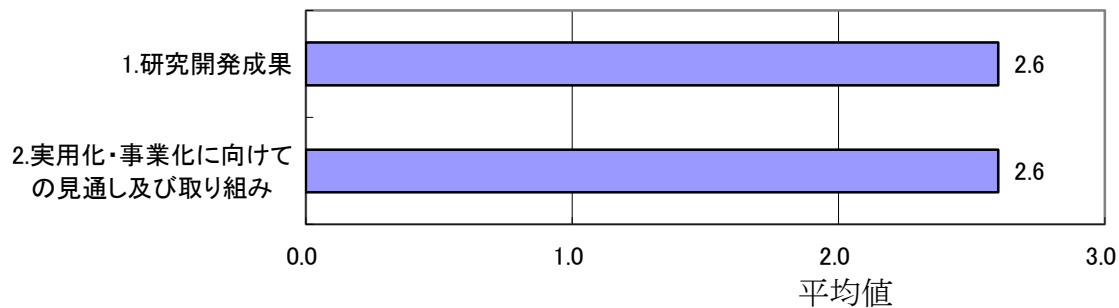
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

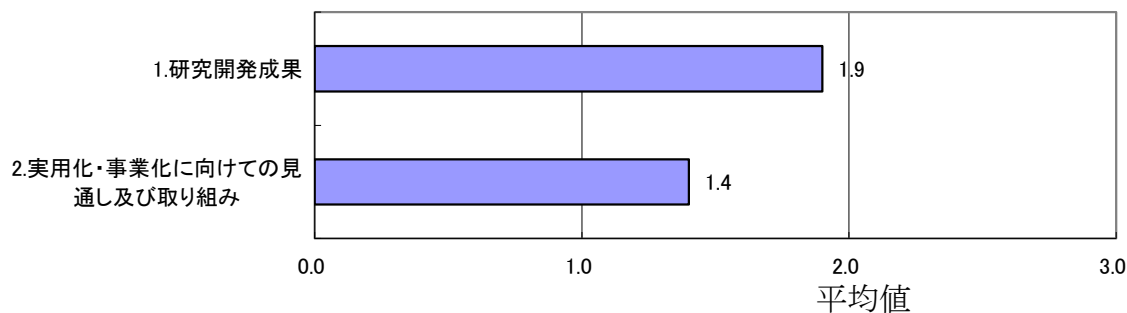
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当 →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

評点結果〔個別テーマ〕

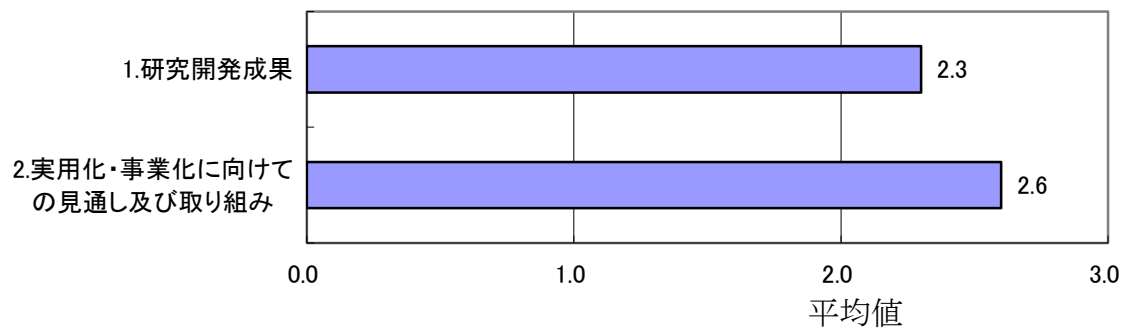
EUV マスクブランク欠陥検査技術開発



EUV マスクパターン欠陥検査技術開発



EUV レジスト材料技術開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
EUV マスクブランク欠陥検査技術開発									
1. 研究開発成果について	2.6	A	A	A	B	C	A	A	
2. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	2.6	A	A	A	B	B	A	B	
EUV マスクパターン欠陥検査技術開発									
1. 研究開発成果について	1.9	C	A	B	B	B	C	B	
2. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	1.4	C	A	C	B	D	C	B	
EUV レジスト材料技術開発									
1. 研究開発成果について	2.3	A	B	A	B	C	A	B	
2. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	2.6	B	B	A	A	B	A	A	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について

- ・非常によい
- ・よい
- ・概ね適切
- ・適切とはいえない

- A
- B
- C
- D

2. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

- ・明確 →A
- ・妥当 →B
- ・概ね妥当 →C
- ・見通しが不明 →D

<参考>

「次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発」
に係る評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 関連する上位施策の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断できる具体的かつ明確な開発目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマごとの配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 適切な研究開発実施体制になっており、指揮命令系統及び責任体制が明確になっているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われ

- る体制となっているか。
- ・ 知的財産取扱（実施者間の情報管理、秘密保持、出願・活用ルール含む）に関する考え方は整備され、適切に運用されているか。

(4) 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化・事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化・事業化シナリオに基づき、成果の活用・実用化の担い手、ユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダーが選任されている場合、成果の実用化・事業化シナリオに基づき、適切な研究開発のマネジメントが行われているか。
- ・ 成果の実用化・事業化につなげる知財戦略（オープン／クローズ戦略等）や標準化戦略が明確になっており、かつ妥当なものか。

(5) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向等に機敏かつ適切に対応しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 目標の達成度と成果の意義

- ・ 成果は目標を達成しているか。
- ・ 成果は将来的に市場の拡大あるいは市場の創造につながることで期待できるか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 目標未達成の場合、達成できなかった原因が明らかで、かつ目標達成までの課題を把握し、この課題解決の方針が明確になっているなど、成果として評価できるか。
- ・ 設定された目標以外に技術的成果があれば付加的に評価する。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、又は汎用性のある成果については、将来の産業につながる観点から特に顕著な成果が上がっている場合は、海外ベンチマークと比較の上で付加的に評価する。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 大学又は公的研究機関で企業の開発を支援する取り組みを行った場合には、具体的に企業の取り組みに貢献しているか。

(2) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の

登録、品種登録出願、営業機密の管理等)は事業戦略、又は実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表は、将来の産業につながる観点から戦略的に行われているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザー等に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(4) 成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

本項目における「実用化・事業化」の考え方
当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することを言う。

(1) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・ 産業技術としての見極め(適用可能性の明確化)ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 成果は市場やユーザーのニーズに合致しているか。
- ・ 実用化に向けて、競合技術と比較し性能面、コスト面を含み優位性は確保される見通しはあるか。
- ・ 量産化技術が確立される見通しはあるか。
- ・ 事業化した場合に対象となる市場規模や成長性等により経済効果等が見込めるものとなっているか。
- ・ プロジェクトの直接の成果ではないが、特に顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)がある場合には付加的に評価する。

(2) 実用化・事業化に向けた具体的取り組み

- ・ プロジェクト終了後において実用化・事業化に向けて取り組む者が明確に

なっているか。また、取り組み計画、事業化までのマイルストーン、事業化する製品・サービス等の具体的な見通し等は立っているか。