

海外科學技術動向

編輯部

■ 차

■ 레

- ◇ 티탄산바륨에 의한 位相共役
- ◇ 새로운 非線形 光學材料인 有機結晶과 重合體
- ◇ 40 GHz 에서 動作하는 離散形 GaAs FET 素子

- ◇ 明日의 通信網에 있어서 光交換
- ◇ Algoma 社의 슬랩鑄造와 컴퓨터 利用
- ◇ 連 X 線에 의한 高分解能像

◇ 티탄산바륨에 의한 位相共役

强誘電體인 BaTiO₃는 Southern California 大學 (USC) 의 J. Feinberg와 R. Hellwarth 氏에 의하여 最初로 位相共役物質이라는 것이 認定되었으며 最近 티탄산바륨을 使用해서 定常的인 利得을 갖는 位相共役波의 發生과 이것을 利用한 새로운 形態의 光發振器들 또한 提案하였다.

BaTiO₃는 普通 使用되고 있는 位相共役物質과 달라서 光屈折率效果에 의해서 位相共役을 發生하는데 光에 의해서 誘起된 荷電粒子的 移動은 結晶中에 강한 電場을 만들고 Pockels 效果에 의해서 屈折率의 變化를 가져온다. 한편 結晶中에서 干涉하는 2個의 光비임으로서 荷電粒子的 移動이 發生하는 경우에는 干涉縞에 對應해서 空間의 周期를 갖는 屈折率變化를 發生시킨다고 한다.

또한 BaTiO₃는 全可視光域領에서 屈折率變化에 의한 位相共役波를 얻을 수 있으며 $\mu\omega$ 의 레이저光에서도 利得을 갖는데 結晶中에 書込된 屈折率 패턴은 어두운 곳에서도 長時間에 걸쳐서 記憶된다고 한다.

以外에 其他 物質에 의한 것과 裝置의 配置面에서 볼때 位相共役波의 發生은 비슷하다. 2個의 書込光과 한 個의 讀出光에 의한 3個의 光波混合이 있다는 것인데 이 경우에 共役波비임이 나온다고 한다. 또한

Southern California 大學의 Feinberg 氏는 實驗에서 레이저光으로 勵起된 BaTiO₃와 키친스파투더 (Kitchen Cpatula) 사이에서 自己發振하는 모양을 16mm 필름으로 撮影하였는데 이 때 한 個의 書込光과 한 個의 讀出光은 알콘레이저에 의해서 供給되고 其他 한 個의 書込光은 스파투러에서 매우 弱한 反射光이 結晶內에 光屈折率 效果를 發生시켜 이것이 홀로그램을 形成한다고 한다.

또 한편 Southern California 大學의 Feinberg 氏는 California 工科大學의 J.O. White와 더불어 位相共役波를 使用한 單方向링레이저를 BaTiO₃를 利用해서 顯著히 進展시켰다. 이 링色素레이저로서는 市販의 Faraday 輪 代身 位相共役素子를 使用했다고 한다.

그런데 BaTiO₃의 應用分野는 初期段階라고 한다. 結晶의 記憶特性 때문에 光情報處理分野에서 매우 有望視된다고 Feinberg 氏와 Hellwarth 氏는 記述하고 있다.

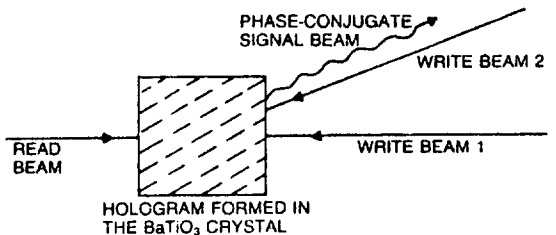


그림 1. 티탄산바륨內에서 리얼타임홀로그래피와 비슷한 4個波의 混合

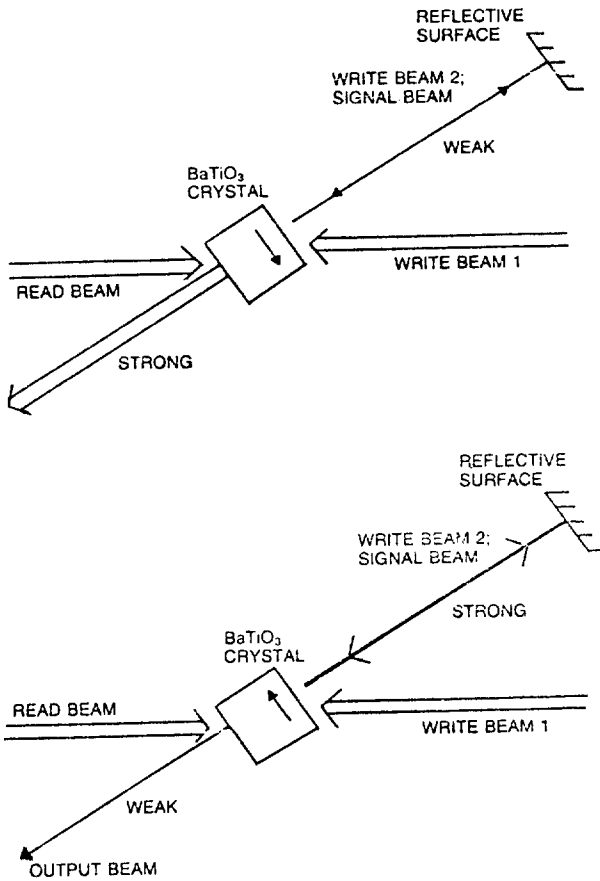


그림 2. 結晶軸의 配位에 따라서 結晶과 反射表面間의 發振電力은 다르다

◇ 새로운 非線形 光學材料인 有機結晶과 重合體

非線形 光學分野나 通信技術의 發展때문에 固体에 있어서 2次的 非線形 光學現象에 관한 基礎物理의 研究는 매우 重要하다. 그리고 壓電性, 強誘電性 및 半導體 輸送에 관한 研究는 오래되었으며 이들 材料에 관한 情報가 豐富하게 때문에 現在 非線形 光學材料는 거의 無機固体라고 한다.

그러나 最近 2次的 非線形 光學性은 結晶構造가 無限이라고 生覺되므로 有機固体와 重合固体가 注目 끌고 있다.

한편 現在의 中心課題는 Q스위치, 파라메타링과 필터 등에 사용되는 效率이 良好한 有機 및 重合結晶

을 開發하는데 있으며 光集積回路에는 低損失重合導波構造를 만들기 위하여 서브미크론解像度의 리소그래피技術이 研究되고 있는데 특히 單結晶重合體에 있어서 位相整合第 2高調波發生 (SHG) 과 앞으로發展을 위한 重要한 材料의 特性을 보면 다음과 같다.

SHG 나 低周波印加電壓에 比例해서 屈折率이 變化하는 線形電氣光學 (LEO) 效果에는 2次的 非線形效果에 의한 것으로서 이와같은 材料에는 中心對稱構造가 없으며 또한 位相整合을 取할 方向이 存在한다는 2가지 條件이 必要하다고 한다.

한편 結晶固体에 관한 2種類의 非線形效果의 大小比較는 밀러의 δ 와 偏光光學係數 f 로서 나타내는데 各種 無機結晶의 δ 와 f 는 거의 KDP (potassium dihydrogen phosphate) 結晶의 2倍以內에 있으나 有機固体 例를 들면 MNA (2-methyl-4-nitroaniline) 의 δ, f 는 KDP 의 約 50倍로서 有機分子固体나 共役重合體의 δ, f 는 이와 같이 큰 π -電子系의 寄與에 의한 것으로서 一般的으로 π -電子系에는 近紫外에서 光勵起를 表示하며 屈折率은 1.6~2.0의 範圍에 있다고 한다.

그러나 가장 重要한 것은 δ, f 가 큰 原因은 이 π -電子系의 勵起狀態에 있는것으로서 普通 π -電子系는 벤젠과 같은 中心對稱構造를 形成하는 것으로서 2次的 非線形性을 갖게하기 위하여는 環上에 몇개의 水素原子를 強하게 도우너나 또는 軸터로서 作用시켜 化學구름으로 置換하고 π -電子雲을 變形시켜서 對稱中心構造를 變更시켜야 한다는 것이다.

重要한 一例로서 MNA 는 6炭系環이 도우너인 아민 (NH_2) 과 메칠 (CH_3) 및 軸터의 니트로 (NO_2) 로서 置換된 것으로서 아민으로부터 니트로 群으로 向하는 거의 軸方向의 基低狀態分子雙極子 모멘트를 갖는데 이것이 δ 와 f 에 큰 主要原因이 되고 있다.

無機材料에 있어서 位相整合 條 2高調波發生에는 電子勵起가, 線形 電氣光學效果에는 電子와 結晶振

動勵起가 寄與하기 때문에 兩者에 대한 感受率이 다르나 大部分의 有機固体에서는 어느것이나 電子의 寄與가 主가 되기 때문에 兩者에 대한 感受率이 同一하게 되고 또한 LEO 스위칭時間이 10-14S 로 빠르게 된다.

그러나 光學的으로 非線形 有機固体에서는 分子間의 共有結合이 Van der Waals 相互作用보다 한층 強함으로 各 分子單位의 電子構造가 加算的으로 非線形性에 寄與된다고 生覺된다. 즉 한 個 分子單位의 非線形性이 커지면 結晶의 非線形 感受率도 커지며 따라서 마이크로인 機構의 理論으로부터 메크로의인 非

線形성을 統一의으로 研究할 수 있으나 많은 有機分子結晶은 機械的으로나 化學的으로나 매우 弱하다고 한다.

한편 重合體는 重合體連鎖를 形成하는 共有結合 때문에 機械的으로 强하며 化學的으로 安定하다. 따라서 重合體連鎖에 光學的으로 非線形인 分子群을 附着하면 優秀한 非線形材料등 그리고 置換群을 適切히 選定하면 中心對稱이 없는 結晶을 얻을 수 있으며 또한 重合體結晶의 異方性에 의한 自然複屈折은 SHG 의 位相整合에 도움이된다고 한다. 그런데 光學非線形單結晶重合體는 2置換 2-아세치렌單量體를 重合해서 形成하는데 이에 重合反應은 熱에닐링, X線照射, 電子비임, 紫外線 또는 어떤 경우에는 機械的으로 開始할 수 있다고 한다.

이런 種類의 重合體는 可視의 中央部에서 近赤外에 이르기까지 透明하며 屈折率은 1.6~2.0인바 2-아세치렌重合體의 放射損傷臨界値는 1.89 μm, 25ns 의 펄스에 대해서 1GW/cm²정도로 높다고 한다. 또한 MNA 置換 2-아세톤重合體에서 觀測된 SHG 는 LiNbO₃에 比하면 10~15倍 强하여 最近에는 LiIO₃보다 큰 SHG 를 發生하는 重合體도 合成할 수 있다고 한다.

그런데 2-아세치렌重合體는 또한 薄膜化해서 導波路를 形成할 수 있으며 膜두께는 分子레벨로서 制御할 수 있으므로 低損失導波路가 可能하며 普通의 리소그래피法으로서 高解像度의 패턴을 形成할 수도 있다고 한다.

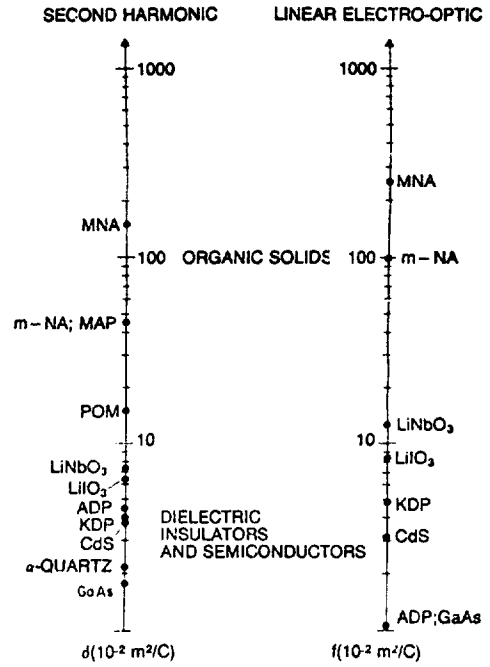


그림 3. 有機 및 無機固體에 있어서 非線形光學의 良好指數比較

◇ 40GHz에서 動作하는 離散形 GaAs FET素子

Huges Aircraft 社의 Torrance 研究센터에서는 33~40 GHz 에서 動作하는 低雜音, 高利得의 離散形 GaAs-FET素子를 製作하였는데 이素子는 軍用밀리波시스템의 增幅器를 獨點하고 있는 Gunn 과 Imp-att 다이오드에 대하여 強力한 競爭相對가되고 있다.

이 새로운 素子는 雜音指數가 다이오드베이스의 것보다 한층 작으며 今後 改良될 展望이 있으므로 標的 探查裝置나 軍用 通信裝置에 使用될 것이라고 한다.

한편 이 새로운 素子는 美國空軍航法 研究所의 援助로서 製作되었으며 1982年 2月에 샌프란시스코에서 開催된 國際半導體會議에서 Huges 社의 E. T. Watkins 氏가 詳細히 發表하였다.

그런데 素子의 利得은 同調方式에 따라서 다르나 40GHz에서 9dB의 利得을 얻을 수 있는데 이 때 1dB 밴드幅은 6.1GHz였으며 38GHz에서 利得을 6.7dB로 하였을 때 雜音指數는 5.5dB였다고 한다.

表 1. 顯微鏡的인 2次磁化率 (βx)

	EXPERIMENTAL ± 15% (10 ⁻³⁰ cm ⁵ /esu)	CALCULATED (10 ⁻³⁰ cm ⁵ /esu)
ANILINE	0.9 ^a 1.1 ^b	1.59 (planar) 1.18 (bent)
NITROBENZENE	-2.0 ^a -2.2 ^b -1.1 ^c	-2.30
p-NITROANILINE	6.4 ^d	6.53

^aB. F. Levine and C. G. Bethea *J Chem Phys* 63 2666 (1975) (measured at 1.06 μm)

^bJ. L. Oudar and D. S. Chemla *J Chem Phys* 66 2664 (1977) (measured at 1.06 μm)

^cK. D. Singer and A. F. Garito *J Chem Phys* 75 3572 (1981) (measured at 1.06 μm)

^dB. F. Levine and C. G. Bethea *J Chem Phys* 69 5240 (1978) (measured at 1.3 μm)

Huges 社의 技術者들은 回路의 整合을 改良한다면 이 性能은 한층 向上될 것이라고 한다.

또한 Watkins 의 意見에 의하면 Huges 社가 이러한 새로운 素子の 開發에 成功한 理由는 Huges 社의 電子비임, 리소그래피部門의 技術이 優秀한 덕택이라고 말하고 있으며 또한 매우 작은 寸수의 構造를 製作할 수 있으므로 이 素子の 게이트길이 0.25 μm 程度라고 한다. 從來에는 0.5 μm 게이트길이의 素子를 製作하였으나 現在는 0.25 μm 게이트길이의 素子로 利得을 3dB 로 올릴 수 있으며 앞으로 더욱 작은 게이트를 만들 計劃이나 이미幅 0.1 μm 의 傳速線을 製作하는데 成功하였다고 한다.

또한 入出力回路의 整合도 同社에서는 16% 以上の 結合係數와 21~80 GHz 에서 絶對的인 安定性을 實現하기 위하여 마이크로波回路自動解析機를 使用하여 各種 計劃을 行하였으나 16個素子에 대한 試驗結果는 40GHz 까지의 周波數로서 實驗的으로 確認되었다고 한다.

한편 임피던스整合은 回路를 素子로서 極限까지 接近시키므로써 實現하였으며 게이트와 드레인의 接續은 컴퓨터로서 設計한 0.7mil 본드線의 並列整合 回路를 使用함으로써 칩 콘넥서에 그리고 素子는 水晶 基板上的 2個 마이크로스트립 라인間에 附着하였다.

今後 計劃으로서 Huger 社에는 먼저 入出力整合 回路를 FET 칩上에 構成하고 다음段階로서는 雜音指數를 低下시킬 生覺이라고 한다.

있는데 機械的 스위치와 導波電子光學素子를 使用하는 것이 있는데 機械的 스위치의 代表的인 것으로서는 入力파이버를 復數의 出力파이버中 하나로 移動해서 結合시키는 것과 파이버를 움직이지 않고 可動레버를 入力파이버로부터 떼어서 光비임을 指定된 出力 파이버로 向하게 하는 것이다. 그러나 어느경우나 機械的인 運動을 隨伴하는 것으로서 傳換時間이 늦어 1ms 程度라고 하며 또한 스위치의 插入損失은 1ds 程度, 信號對漏話比는 40dB 以上, 驅動電源電壓은 25v 以下가 一般的이라고 한다.

導波電子光學스위치는 機械的스위치보다 한층 高速度로 動作하며 더욱 小形으로 할 수 있으므로 많은 企業에서 活潑한 研究開發을 進行하고 있다.

그런데 美國 GTE 研究所에서 開發하고 있는 것은 Li NbO₃ 또는 Li Ta₃ 등의 電子光學材料의 基板에 電極을 附着시킨 薄板狀의 스위치로서 이들材料에는 電界를 加함으로서 局部的으로 屈折率을 減少시킬 수 있으므로 電界의 強度를 制御해서 光비임을 特定한 方向으로 誘導할 수 있다고 한다.

한편 GTE 에서 試作한 스위치는 2x2 의 光크로스바스위치로서 交差點數를 增大시키므로써 大規模의 複雜한 交換網을 實現할 수 있다고 하는데 이 스위치의 動作速度는 1 μs 以下로서 高速이나 損失이 크며 (5~10dB) 高電壓이 必要하다는 것이다.

그러나 이런 分野에서 劃期的인 改良의 研究가 進行되고 있으므로 應用分野가 開放될 것이라고 생각된다.

◇明日의 通信網에 있어서 光交換

低損失光纖維와 高信賴性光源 및 光檢出器의 技術 進行에 의해서 많은 光纖維通信시스템에 관한 現場 試驗이 行하여지고 있다. 그런데 復數의 光纖維로서 傳達되는 信號의 收集과 分配機能을 갖는 노드에서는 光信號를 電氣信號로 變換하면서 信號의 分割과 統合 및 傳送路의 方向을 소위 交換機能을 實行하는 것이 一般的이다.

다음 段階는 光信號를 電氣信號로 變換시키지 않고 光信號를 그대로 交換하는 것인데 이렇게하면 傳達信號에 대한 雜音이나 妨害가 減少하여 高速傳送速度의 實現과 光電信號變換器의 削減등이 可能하다고 한다.

한편 光信號의 直接交換技術에는 2種類 즉 電子 機械的 스위치와 導波電子光學素子를 使用하는 것이

◇Algoma社의 슬랩鑄造와 컴퓨터利用

Canada Ontario 州 Sault Ste. Marie 의 Algoma Steel 社에서는 1973 年에 슬랩連續鑄造機械의 設置를 始作하였으나 途中에 不景氣때문에 工事を 延長하였으며 그 後 79 年 6 月에 完成하였다. 그런데 이 鑄造機械는 Demag 社製의 2條式으로서 第 2 鹽基性酸素製鋼工場에서 270t 을 處理할 수 있다고 하는데 公稱能力은 年間 100 萬t 이라고 한다.

한편 이 機械의 鑄型과 아래쪽部分은 灣曲으로서 半徑은 12.2m 인데 이 機械에 의하여 두께 205~300mm 의 鑄造를 行할 수 있다고 한다. 여기서 製鋼工場의 製鋼作業과 熔鋼의 受入으로서 切斷된 슬립을 起重機로부터 運搬할 때까지의 作業을 전부 GEP · AC 4010 컴퓨터와 GEDLC 프로그래머블콘트롤러에

의하여 행하고 있는데 後者は 製鋼工場과 鑄造機械間的 熱에 관한 情報과 吹附에 관한 情報의 提供 및 本社와 管理컴퓨터情報의 傳送에 관한 機能을 갖고 있다.

그런데 컴퓨터方式의 機能을 各種裝置를 直接制御할 뿐만 아니라 實時間情報 즉 各種裝置에 관한 여러 가지 情報의 取得, 表示 및 報告를 提供하고 있으며 또한 이들의 情報를 鑄造機械의 操作係員에게 提供하고 있다.

예를들면 製鋼工場에서는 吹鍊을 開始한 時點으로부터 熔鋼의 溫度와 組成등의 情報는 製鋼工場의 컴퓨터로부터 連續적으로 보내어지며 여기서 熔鋼의 C 또는 S 가 높다고 報告되며는 鑄造機械의 係員은 再吹鍊의 時間을 考慮해서 鑄造速度의 調節과 吹鍊의 終了時間을 調整할 수 있다고 한다. 또한 컴퓨터는 各種 情報를 收集해서 每슬래브마다 品質을 明確히 하는데 이 데이터는 現場係員과 本社의 管理컴퓨터에 傳送된다. 以外에 컴퓨터가 收集하는 파라미터로서 鋼의 重量, 鑄型冷却水의 水量과 溫度 및 冷却用 吹附水量과 壓力 그리고 鑄造速度등을 들 수 있다.

그리고 從來에는 鑄造報告를 사람의 손으로 作成하는 事務員이 必要하였으나 컴퓨터를 利用함으로써 勞動力과 年間經費 62,000 \$을 節約할 수 있다고 한다.

◇連 X 線에 의한 高分解能像

X 線光學은 새로운 아이디어의 開發보다도 이것을 利用하기 위한 새로운 時代에 突入하고 있다. 過去 10 年間に 天文學者들은 衛星에 搭載한 X 線望遠鏡을 使用하였으며 또한 플라즈마研究者들은 1 \AA 以下 $\sim 100 \text{ \AA}$ 波長의 結像을 위하여 制御와 同調가 可能한 強力한 X 線비임을 싱크로트론 軌道放射(SOR)의 線源으로부터 取出하는데 成功하였다.

最近 X 線光學의 應用面에서 主된 關心은 X 線顯微鏡의 發展에 있으며 分解能은 가까운 將來에 100 \AA 으로 改良될 것으로 期待하고 있다.

한편 高分解能의 軟 X 線光學에 의하면 2 種類의 素子 즉 프레넬플레이트와 多層金屬 밀러가 有望視되고 있는데 前者는 同心圓狀의 連結로서 X 線을 吸收해서 透過하는 平行비임을 集束시키는 機能을 갖고 있으며 50 \AA 의 X 線顯微鏡을 利用해서 200 \AA 의 分解能을 얻고 있다.

그리고 X 線顯微鏡의 光學素子로서의 존·플레이트에 관한 應用研究는 現在 많은 프로젝트가 進行中에 있으나 이 중에서 가장 有望視되는 것은 Göttingen 大學의 物理學者인 G. Schmahl, D. Rudolph 및 N. Nilmann 教授들로서 Rudolph 氏가 最新形 X 線顯微鏡으로서 撮影한 寫眞은 500 \AA 의 分解能을 얻고 있다고 한다.

또한 이들은 1975 年에 Hamburg 의 獨逸電子 싱크로트론研究所(DESY)에서 SOR 光을 利用해서 基礎研究를 開始하였으며 以外에 最近 파리近郊의 電磁放射利用研究所(LURE)에서는 低에너지의 스토레이징 링크 ACO 을 使用해서 軟 X 線研究를 提案하였는데 이들 구움에 의한 最初의 顯微鏡은 排氣된 管과 回折格子로 되어 있었으며 高分解能의 존·플레이트를 利用한 2 原子나 內藏된 細胞에 대해서는 120 \AA 의 分解能에 成功하였다고 한다.

한편 Nilmann 氏는 分解能 100 \AA 의 走査顯微鏡의 計劃에 대하여 記述하였는데 이에 의하면 高效率의 檢出器를 使用해서 試料成分에 適合한 波長을 SOR 의 넓은 스펙트럼으로부터 選擇함으로써 原子分布의 高分解能像을 만들수 있었다고 한다.

그런데 走査裝置의 큰 特徵은 마이크로존, 플레이트에 있다고 하며 또한 이들은 플레이트의 製作過程과 100 \AA 以下の 精度로서 試料를 制御하여 얻은 可動스테이지의 特徵에 대해서도 報告하였다.

美國에서는 New York 立大學의 J. King 氏와 H. Rarlack 氏가 Brookhaven 國立研究所의 SOR 光源에 新設市定인 走査顯微鏡에 대하여 研究하고 있는데 이 研究所에서는 BESSY 와 비슷한 紫外-軟 X 線電子스토포레이징링크가 있다고 한다. 그리고 여기에는 回折格子와 特殊한 形態를 갖는 高 S/N 比를 갖는 單一의 존·플레이트가 使用되고 있었는데 分解能은 中程度에서 100 \AA 이 된다고 한다.

그리고 軟 X 線光學의 第 2 디바이스는 新形의 多層 밀러로서 反射率은 金屬表面보다 작으며 多層 밀러다음 段階의 아이디어는 若干의 X 線波長에 대한 吸收性과 透過性을 갖는 兩物質의 低反射率境界面($10 \sim 20 \%$, 單一層의 0.01 以下)의 形成에 있는데 Stanford 大學과 IBM의 研究所에서는 主로 스퍼터링法을 利用해서 研究하고 있다고 한다. 以外에 2 개의 크고 작은 凹凸狀 밀러에 의한 多重反射를 利用해서 Schwarty 形 顯微鏡을 計劃하고 있다.

끝으로 軟 X 線研究分野에 있어서의 課題는 相異한 關連分野에 있는 研究者間的 情報交換을 보다 活發히 하는데 있다고 한다.